

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MAGDA ROSA RAMOS DA CRUZ

***DATA MINING* E MODELOS DE REGRESSÃO NA DETERMINAÇÃO DOS
PREDITORES DE PERDA DE PESO COM UM E CINCO ANOS DE *BYPASS*
GÁSTRICO EM Y DE ROUX**

CURITIBA

2018

MAGDA ROSA RAMOS DA CRUZ

***DATA MINING* E MODELOS DE REGRESSÃO NA DETERMINAÇÃO DOS
PREDITORES DE PERDA DE PESO COM UM E CINCO ANOS DE *BYPASS*
GÁSTRICO EM Y DE ROUX**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Clínica Cirúrgica do Setor de Ciências da Saúde da
Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial
para a obtenção do grau de Doutor em Clínica
Cirúrgica.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Ligoeki Campos
Co-orientador: Prof. Dr. José Simão de Paula Pinto

CURITIBA

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE BIBLIOTECAS/UFPR
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE, BIBLIOTECÁRIA: RAQUEL PINHEIRO COSTA
JORDÃO CRB 9/991 COM OS DADOS FORNECIDOS PELA AUTORA

C957 Cruz, Magda Rosa Ramos da
Data mining e modelos de regressão na determinação dos
preditores de perda de peso com um e cinco anos de By-pass Gástrico
em Y de Roux / Magda Rosa Ramos da Cruz. – Curitiba, 2018.
105 f. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Ligocki Campos
Coorientador: Prof. Dr. José Simão de Paula Pinto
Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Clínica
Cirúrgica. Setor de Ciências da Saúde. Universidade Federal do
Paraná.

1. Mineração de dados. 2. Índice de Massa Corporal. 3. Perda de
peso. 4. Ganho de peso. 5. Comorbidade. I. Campos, Antonio Carlos
Ligocki. II. Pinto, José Simão de Paula. III. Programa de Pós-Graduação
em Clínica Cirúrgica. Setor de Ciências da Saúde. Universidade Federal
do Paraná. IV. Título.

NLMC: WD 210



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR CIÊNCIAS DA SAÚDE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MEDICINA (CLÍNICA
CIRÚRGICA)


TERMO DE APROVAÇÃO


Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em MEDICINA (CLÍNICA CIRÚRGICA) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **MAGDA ROSA RAMOS DA CRUZ** intitulada: **DATA MINING E MODELOS DE REGRESSÃO NA DETERMINAÇÃO DOS PREDITORES DE PERDA DE PESO COM UM ANO E CINCO ANOS DE CIRURGIA BARIÁTRICA**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.


A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.


CURITIBA, 09 de Março de 2018.


ANTONIO CARLOS LEACOCK CAMPOS
Presidente da Banca Examinadora


MARCO AURELIO SANTO
Avaliador Externo


CARLA CORRADI PERINI
Avaliador Externo


JOAO DA SILVA DIAS
Avaliador Externo


PAULO AFONSO NUNES NASSIF
Avaliador Externo

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me motivaram a iniciar e me ajudaram a concluir esta nova fase de minha vida acadêmica:

À Deus, pela vida, benção e proteção.

Ao Professor Dr. Antônio Carlos Ligocki Campos, orientador estimado, pela sua atenção, disponibilidade e colaboração científica na área Médica e Cirúrgica.

Ao Professor Dr. José Simão de Paula Pinto, co-orientador, que muito me auxiliou na área de Informática em Saúde.

Ao Dr Alcides José Branco Filho, pela amizade e disponibilidade de pacientes, além de facilidade de acesso durante todos os anos que trabalhamos juntos e, em especial, durante o período do doutorado.

À equipe da Clínica Alcides Branco, pela disponibilidade e atenção, durante todo o período de coleta de dados.

Ao Professor Dr. Cesar Taconeli e seu aluno, Guilherme Parreira, pela disponibilidade e ajuda inestimada na área de Estatística.

À amiga e doutoranda em clínica cirúrgica Marília Zaparolli Ramos pela amizade, auxílio e motivação nas fases difíceis. Obrigada pelo auxílio na coleta de dados e na elaboração dos artigos relacionados à tese, que a nossa parceria se estenda além do Doutorado.

À nutricionista Nathalia Farinha Wagner, pela ajuda na elaboração dos artigos nesta fase final e pela amizade, que foi inevitável durante este processo.

À aluna Mayara Prudêncio, que me auxiliou na coleta de dados e desenvolveu com qualidade dois projetos PIBIC, com temas relacionados à minha tese.

Às amigas sempre presentes Vanderli Marchiori, Letícia Boaventura e Janaíne Dal Castel Moro, pelo apoio nas fases difíceis. Obrigada por me ouvirem!

Ao amigo Alan Borges, que muito me ajudou na fase inicial de elaboração da planilha para coleta de dados.

À minha família, que sempre esteve comigo e, em especial, à minha mãe, que ficou tantos fins de semana e férias com o meu filho, para que eu pudesse desenvolver esta pesquisa.

Ao meu filho Felipe Ramos Quadros, pela compreensão nos momentos em que me ausentei em função da pesquisa.

Aos pacientes que participaram deste estudo, afinal, eles foram a motivação para que este trabalho fosse realizado.

À Universidade Federal do Paraná, pela disponibilidade e apoio.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

Gratidão à muitos que não foram citados nesta lista: amigos, parentes e colegas de trabalho da PUCPR, pela compreensão e pelo auxílio nos momentos em que precisei.

“Sem sonhos, a vida não tem brilho. Sem metas, os sonhos não têm alicerces. Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais”
(Augusto Cury)

RESUMO

Introdução: A cirurgia bariátrica é considerada a forma de tratamento mais eficaz para a obesidade mórbida. A perda ponderal, controle ou remissão das comorbidades e melhora na qualidade de vida são resultados esperados no pós-operatório. A utilização de *data mining* é indicada na definição de variáveis preditivas e os modelos de regressão permitem a correlação das variáveis definindo o quanto uma influencia na outra. **Objetivo:** identificar os preditores para a baixa perda de peso no primeiro ano de pós-operatório de cirurgia bariátrica e de risco de reganho ponderal, com 5 anos de cirurgia. Objetiva-se também verificar a correlação destes fatores com a presença de comorbidades e satisfação do paciente com os resultados da cirurgia e estabelecer uma equação para estimativa do IMC médio com 5 anos de pós-operatório. **Metodologia:** Trata-se de um estudo longitudinal e retrospectivo, realizado com dados de prontuários de 388 pacientes submetidos ao *Bypass* Gástrico em Y de Roux, por videolaparoscopia. Foram coletados dados do pré-operatório (n=388), com 1 ano de pós-operatório (n= 388) e com 5 anos de pós-operatório (n=204). A aplicação de *data mining* foi realizada através da técnica de elaboração de árvores de classificação e regressão para a definição dos preditores do percentual de perda de excesso de peso (%PEP) com um ano de cirurgia, de IMC com um ano e 5 anos de cirurgia e de reganho de peso (RP) com 5 anos de cirurgia. O modelo ajustado para verificar as variáveis associadas ao %PEP e IMC com um ano de cirurgia e o RP com 5 anos, foi o de regressão linear múltipla. Para a elaboração da equação para estimativa do IMC médio com 5 anos de cirurgia bariátrica, foi utilizado um modelo linear generalizado com distribuição *tweedie*. Para finalizar, o teste de Mann Whitney ($p<0,05$) foi aplicado para verificar a significância estatística entre as variáveis com 5 anos de pós-operatório e o RP. **Resultados:** A utilização de *data mining* gerou duas árvores de regressão, identificando os fatores preditivos para baixa perda de peso com um ano de cirurgia e do IMC com 5 anos de cirurgia. Não foram identificados preditores para o RP com 5 anos de pós-operatório. Os preditores do menor %PEP com um ano de cirurgia bariátrica foram: presença de hipertensão arterial, maior IMC ($\text{IMC}>39,84 \text{ kg/m}^2$) e idade superior a 32 anos no pré-operatório. A baixa PEP, IMC no pré-operatório e IMC com um ano de cirurgia foram preditores para IMC mais alto com 5 anos de cirurgia. Fatores dietéticos do pré-operatório não influenciaram na perda de peso no pós-operatório. Os modelos de regressão possibilitaram identificar a correlação entre as variáveis preditoras de perda de peso e a elaboração da equação para estimativa do IMC médio com 5 anos de cirurgia. A partir da interpretação dos modelos de regressão, observou-se que pacientes com baixos níveis sanguíneos de ácido fólico e de HDL, maior IMC e diagnóstico médico de ansiedade e/ou depressão no pré-operatório tinham maior IMC com 5 anos de cirurgia bariátrica. Observou-se também que o maior IMC aos 5 anos de cirurgia esteve associado à maior prevalência de comorbidades, reganho de peso e insatisfação com os resultados da cirurgia. **Conclusões:** Os preditores identificados para PEP com um ano de cirurgia foram: idade, maior IMC e presença de hipertensão arterial. A PEP e IMC com um ano de cirurgia foram preditores do IMC com 5 anos de cirurgia. Níveis sanguíneos de ácido fólico e HDL, IMC e quadro de depressão e/ou ansiedade no pré-operatório foram fatores de risco para falha nos resultados do pós-operatório tardio e devem ser monitorados durante a avaliação clínica desde o pré-operatório.

Palavras-chave: *Data mining*. Cirurgia bariátrica. IMC. Perda de excesso de peso. Reganho de peso. Comorbidades.

ABSTRACT

Introduction: Bariatric surgery is considered the most effective form of treatment for morbid obesity. Weight loss, control or remission of comorbidities and the improvement in life quality are the expected postoperative results. The use of data mining is indicated in defining predictive variables and regression models enable the correlation of such variables, defining how much of an influence they have on each other. **Objective:** to identify the predictors for low weight loss in the first year of postoperative bariatric surgery and the risk of weight-increase, at 5 years following surgery. It is also aimed at checking the correlation of these factors with the presence of comorbidities and the patient's satisfaction with the results of the surgery, in addition to establishing an equation for estimating the average BMI following 5 years postoperative. **Methodology:** This is a longitudinal and retrospective study, carried out using data taken from the medical records of 388 patients that underwent Roux-en-Y Gastric Bypass, through video laparoscopy. Preoperative data were gathered (n=388), at 1 year postoperative (n=388) and at 5 years postoperative (n=204). The application of data mining was carried out through the elaboration of classification and regression trees for defining the predictors of the excess weight loss percentile (%EWL) at one year of surgery, of the BMI at one and 5 years following surgery and weight regain (WR) following 5 years of surgery. The adjusted model for checking which variables are linked to %EWL and BMI at one year following surgery and the WR following 5 years, was that of multiple linear regression. For elaborating the equation for estimating the average BMI at 5 years of bariatric surgery, a generalized linear model with Tweedie distribution, was used. Finally, the Mann Whitney test ($p < 0.05$) was applied, to check the statistical significance between the 5-year postoperative variables and the WR. **Results:** The use of data mining generated two regression trees, identifying the predictive factors for low weight loss following one year of surgery and the BMI following 5 years of surgery. No predictors were identified for WR at 5 years postoperative. The predictors for the lowest %EWL at one year of bariatric surgery were: the presence of hypertension, a higher BMI ($\text{BMI} > 39.84 \text{ kg / m}^2$), and age above 32 in the preoperative period. Low EWL, preoperative BMI and BMI following one year of surgery were identified as predictors for a higher BMI at 5 years following surgery. Dietary factors of the preoperative period did not influence weight loss in the postoperative. The regression models enable the identification of a correlation between the predicting weight loss variables and the elaboration of the equation for estimating the average BMI at 5 years post-surgery. From the interpretation of the regression models, it was possible to observe that patients with blood results showing low levels of folic acid and higher levels high HDL cholesterol, a higher BMI and having been diagnosed with preoperative anxiety and/or depression, had a higher BMI at 5 years following bariatric surgery. It was also observed that the highest BMI at 5 years following surgery was linked to a higher prevalence of comorbidities, weight regain and patient dissatisfaction with the results of the surgery. **Conclusions:** The predictors identified for EWL at one year following surgery were: age, higher BMI and presence of arterial hypertension. The EWL and BMI at one year of surgery were predictors for BMI at 5 years following surgery. Folic acid and HDL cholesterol blood levels, BMI, and a pre-operative depression and/or anxiety may be considered risk factors for late postoperative outcomes and should be monitored during the pre-operative clinical evaluation and at one year of surgery.

Keywords: Data mining. Bariatric surgery. BMI. Excess weight loss. Weight regain. Comorbidities.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ÁRVORE DE REGRESSÃO PARA O PERCENTUAL DE PERDA DE EXCESSO DE PESO COM UM ANO DE CIRURGIA.....	100
FIGURA 2 - ÁRVORE DE REGRESSÃO PARA O IMC COM 5 ANOS DE CIRURGIA BARIÁTRICA.....	102

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	RESUMO DOS RESULTADOS DO MODELO RELACIONANDO OS DADOS DO PRÉ-OPERATÓRIO E O %PEP COM UM ANO DE CIRURGIA.....	88
TABELA 2 -	TAXA DE ACERTOS DA EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DO %PEP, CONSIDERANDO OS DADOS DO PRÉ-OPERATÓRIO.....	89
TABELA 3 -	RESUMO DOS RESULTADOS DO MODELO RELACIONANDO OS DADOS DO PRÉ-OPERATÓRIO E O IMC COM UM ANO DE CIRURGIA.....	91
TABELA 4 -	TAXA DE ACERTOS DA EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DO IMC COM UM ANO DE PÓS-OPERATÓRIO.....	92
TABELA 5 -	RESUMO DOS RESULTADOS DO MODELO RELACIONANDO OS DADOS DO PRÉ-OPERATÓRIO E COM UM ANO DE CIRURGIA VERSUS RP COM 5 ANOS.....	93
TABELA 6 -	RESUMO DOS RESULTADOS DO MODELO RELACIONANDO OS DADOS DO PRÉ-OPERATÓRIO E COM UM ANO DE CIRURGIA <i>VERSUS</i> IMC COM 5 ANOS.....	95
TABELA 7 -	TAXA DE ACERTOS DA EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DO IMC COM 5 ANOS DE CIRURGIA, CONSIDERANDO OS DADOS DO PRÉ-OPERATÓRIO E COM UM ANO DE CIRURGIA.....	96
TABELA 8 -	MEDIDAS DESCRITIVAS DA VARIÁVEL RP VERSUS PRESENÇA DE COMORBIDADES E SATISFAÇÃO COM A CIRURGIA.....	98
TABELA 9 -	MEDIDAS DESCRITIVAS DA VARIÁVEL IMC 5ANOS VERSUS PRESENÇA DE COMORBIDADES E SATISFAÇÃO COM A CIRURGIA.....	98
TABELA 10 -	MÉDIA E DESVIO PADRÃO PARA CADA NÓ DA ÁRVORE DE REGRESSÃO PARA O %PEP.....	101
TABELA 11 -	RESUMO DOS NÓS FINAIS DA ÁRVORE DE REGRESSÃO PARA O %PEP.....	101
TABELA 12 -	MÉDIA E DESVIO PADRÃO PARA CADA NÓ DA ÁRVORE DE REGRESSÃO PARA O IMC COM 5 ANOS DE PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA BARIPÁTRICA.....	103

TABELA 13 - RESUMO DOS NÓS FINAIS DA ÁRVORE DE REGRESSÃO PARA O IMC COM 5 ANOS DE PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA BARIÁTRICA.....	103
--	-----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CDC	– <i>Centers for disease control and prevention.</i>
CEVIP	– Centro de Videolaparoscopia do Paraná.
DM2	– Diabetes melito tipo 2
EP	– Excesso de peso.
g/dia	– Gramas por dia.
HAS	– Hipertensão arterial sistêmica.
HDL	– High-density lipoprotein.
HMA	– História mórbida atual.
HMF	– História mórbida familiar.
IMC 1 ano	– Índice de massa corporal com um ano de cirurgia bariátrica.
IMC 5 anos	– Índice de massa corporal com 5 anos de cirurgia bariátrica.
IMC	– Índice de massa corporal.
Kg/m ²	– Quilograma por metro ao quadrado.
LDL	– <i>Low-density lipoprotein.</i>
MLG	– Modelo linear generalizado.
P	– Peso.
PEP	– Perda de excesso de peso.
PO	– Pós-operatório.
PP	– Perda de peso ou peso perdido.
%PEP 1 ano	– Percentual de perda de excesso de peso com um ano de cirurgia bariátrica.
%PEP	– Percentual de perda de excesso de peso.
PTH	– Paratormônio.
PUCPR	– Pontifícia Universidade Católica do Paraná.
RP 5 anos	– Reganho de peso com 5 anos de cirurgia bariátrica.
RP	– Reganho de peso.
%RP	– Percentual de reganho de peso.
RYGBP	– <i>Bypass</i> gástrico em Y de Roux.
SBCBM	– Sociedade Brasileira de Cirurgia Bariátrica e Metabólica.
TGO	– Transaminase glutâmico-oxalacética.
TGP	– Transaminase glutâmico-pirúvica.
TSH	– Hormônio estimulante da tireóide.
USDA	– <i>United States Departamento of Agrobusiness.</i>

VIGITEL – Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico.

WHO – *World Health Organization*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivo geral.....	17
1.1.2	Objetivos específicos	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	DESCRIÇÃO DA TÉCNICA RYGBP E PRINCIPAIS RISCOS NUTRICIONAIS	20
2.2	PERDA DE PESO NO PÓS-OPERATÓRIO DE RYGBP	21
2.3	USO DE <i>DATA MINING</i> E MODELOS DE REGRESSÃO NA ÁREA DA SAÚDE	22
3	MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1	AMOSTRA	24
3.2	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO	24
3.3	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	24
3.4	CONSTRUÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTO	26
3.5	DESENVOLVIMENTO DO MODELO PARA DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS QUE INTERFEREM NA PERDA DE EXCESSO DE PESO COM UM ANO DE PÓS-OPERATÓRIO E NO REGANHO DE PESO E IMC COM 5 ANOS DE CIRURGIA BARIÁTRICA	29
3.5.1	Etapa 1.....	30
3.5.2	Etapa 2.....	30
3.5.3	Etapa 3.....	32
3.6	APLICAÇÃO DE <i>DATA MINING</i>	32
4	ARTIGOS CIENTÍFICOS.....	35
4.1	ARTIGO 1.....	37
4.2	ARTIGO 2.....	49
4.3	ARTIGO 3.....	65
5	CONCLUSÕES	80
	REFERÊNCIAS.....	81
	APÊNDICE 1 - RESULTADOS DO AJUSTE DO MODELO DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA ESTIMATIVA DO %PEP COM UM ANO DE CIRURGIA BARIÁTRICA	88

APÊNDICE 2 - RESULTADOS DO AJUSTE DO MODELO DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA ESTIMATIVA DO IMC COM UM ANO DE CIRURGIA BARIÁTRICA	91
APÊNDICE 3 - RESULTADOS DO AJUSTE DO MODELO DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA ESTIMATIVA PARA ESTIMATIVA DO RP COM 5 ANOS DE CIRURGIA BARIÁTRICA.....	93
APÊNDICE 4 - RESULTADOS DO AJUSTE DO MODELO DE REGRESSÃO GENERALIZADO COM DISTRIBUIÇÃO <i>TWEEDIE</i> PARA ESTIMATIVA PARA ESTIMATIVA DO IMC COM 5 ANOS DE CIRURGIA BARIÁTRICA	95
APÊNDICE 5 - ANÁLISE DO RP E IMC COM 5 ANOS DE CIRURGIA, CORRELACIONANDO COM A PRESENÇA DE COMORBIDADE E SATISFAÇÃO COM A CIRURGIA BARIÁTRICA.....	98
APÊNDICE 6 - UTILIZAÇÃO DE <i>DATA MINING</i> NA DEFINIÇÃO DE FATORES PREDITIVOS PARA O %PEP COM UM ANO DE CIRURGIA.....	100
APÊNDICE 7 – UTILIZAÇÃO DE <i>DATA MINING</i> NA DEFINIÇÃO DOS FATORES PREDITIVOS PARA O IMC COM 5 ANOS DE CIRURGIA BARIÁTRICA	102
ANEXO 1 – TERMO DE APROVAÇÃO DO CEP- PUCPR.....	104

1 INTRODUÇÃO

A obesidade é uma epidemia global (VISSCHER; SEIDELL, 2001). Mundialmente, cerca de 3,4 milhões de adultos morrem a cada ano como resultado do excesso de peso ou obesidade (WHO, 2014a; IHME, 2015). No Brasil, dados mostram que 50,8% da população apresenta sobrepeso e 17,5% obesidade (VIGITEL, 2014).

O tratamento da obesidade se dá por diferentes abordagens: acompanhamento nutricional, tratamento farmacológico, psicológico e prática de atividade física (ABESO, 2009,2010). Porém, quando os pacientes não alcançam resultados eficazes e chegam ao quadro de obesidade mórbida, é necessária uma intervenção que dê uma resposta mais satisfatória e duradoura, como a cirurgia bariátrica, que com suas diversas técnicas, é recomendada após avaliação clínica e cirúrgica de uma equipe multiprofissional (BRASIL, 2009).

No Brasil, segundo levantamento feito pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2009), a oferta da cirurgia bariátrica nos hospitais vinculados ao Sistema Único de Saúde (SUS) aumentou 542% desde 2001. Atualmente, o Brasil está no *ranking* de segundo país em que mais se realizam cirurgias bariátricas, perdendo apenas para os Estados Unidos (BUCHWALD; OIEN, 2013; SBCBM, 2017).

Após a cirurgia bariátrica, a qualidade de vida dos pacientes melhora consideravelmente (DYMEK et al., 2002; TOLEDO et al., 2010) e há comprovadamente redução e/ou controle das comorbidades pré-existentes como a síndrome metabólica, diabetes melito tipo 2 e a hipertensão arterial sistêmica (MONTEIRO JÚNIOR et al., 2009; FORCINA et al., 2008).

A cirurgia bariátrica é um tratamento eficaz na perda de peso e controle metabólico de obesos mórbidos (TOLEDO et al., 2010). Sabe-se que a cirurgia reduz o consumo alimentar e a absorção de nutrientes facilitando a perda de peso (SHANKAR et al., 2010; AASHEIM et al, 2009), porém a perda de peso na maioria das cirurgias dependerá diretamente da ingestão energética total (RUBIO; MORENO, 2007).

Para que os resultados pós-operatórios sejam satisfatórios, deve-se realizar acompanhamento nutricional periódico em longo prazo visando garantir a qualidade da alimentação. Após a cirurgia bariátrica, a deficiência de alguns nutrientes pode ocorrer, resultante da diminuição do volume de alimentos consumidos, da má absorção intestinal e da presença de intolerâncias alimentares (AASEHEIM et al., 2009; DAVIES et al., 2007; SHANKAR et al., 2010; BLOOMBERG, 2005; FUJIOKA, 2005).

A informática na saúde dispõe de ferramentas que podem apoiar a organização administrativa da consulta, tais como: captura, armazenamento e processamento das informações do paciente, diagnóstico, orientação terapêutica e acesso às informações, visando a melhora do conhecimento no momento e local necessário, para uma adequada tomada de decisão (WECHSLER et al., 2003).

É importante notar que grandes conjuntos de dados médicos e algoritmos de aprendizagem estão disponíveis há muitas décadas. Existem milhares de documentos que aplicam algoritmos de aprendizado de máquina para dados médicos e, poucos têm contribuído significativamente para cuidados clínicos (DEO, 2015).

Dentre as ferramentas disponibilizadas pela informática, destaca-se na área da saúde, o *Data Mining*, técnica utilizada para a mineração de dados, possibilitando a descoberta de novas informações através do cruzamento entre as variáveis presentes na base analisada (MILOVIC; MILOVIC, 2012) e a análise de regressão, que através da utilização de modelos de regressão descrevem a relação entre duas ou mais variáveis.

Visto o grande número de cirurgias bariátricas que vêm sendo realizadas, o risco de reganho de peso em longo prazo, bem como de retorno ao quadro de comorbidades, torna-se um grande desafio ao profissional desta área, identificar os pacientes que se beneficiarão com o procedimento cirúrgico e alertá-los quanto aos principais cuidados para que os resultados obtidos no primeiro ano de cirurgia sejam mantidos em longo prazo.

A partir destes motivadores iniciou-se esta pesquisa, com a aplicação de *Data Mining* e de modelos de regressão para a predição da perda de peso insatisfatória no primeiro ano de cirurgia, bem como de risco de reganho ponderal e de retorno ao quadro de comorbidades, com 5 anos de pós-operatório.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Identificar os preditores para a perda de peso no primeiro ano de pós-operatório de *by-pass* gástrico em Y de Roux e de risco de reganho ponderal, com 5 anos de cirurgia.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) determinar as variáveis pré-operatórias preditivas da perda de excesso de peso no primeiro ano de pós-operatório de cirurgia bariátrica, por meio de análise das diferenças dietéticas e exames bioquímicos, dentre os pacientes com e sem perda de peso satisfatória neste período;
- b) definir as variáveis no pré-operatório e com um ano de cirurgia que auxiliem na predição do risco de reganho de peso, em pacientes com 5 anos de cirurgia bariátrica;
- c) verificar se há associação entre reganho de peso e presença de comorbidades com 5 anos de cirurgia bariátrica;
- d) estabelecer uma equação para estimativa do IMC e/ou reganho ponderal com 5 anos de pós-operatório.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A *World Health Organization* (WHO, 1999) define a obesidade como uma doença crônica, com alteração nos parâmetros endócrinos e metabólicos, heterogênea e de etiologia multifatorial.

De acordo com os dados do *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC, 2014), 34,9% da população adulta americana era obesa. O custo médio anual com a obesidade, nos Estados Unidos, foi estimado em 147 bilhões de dólares. A obesidade está relacionada com aumento das taxas de mortalidade por doenças cardíacas, diabetes melito tipo 2 (DM2), certos tipos de câncer e problemas ortopédicos (CDC, 2014).

Segundo dados da Sociedade Brasileira de Cirurgia Bariátrica e Metabólica, o número de cirurgias bariátricas e metabólicas cresce de forma significativa a cada ano. Em 2003, foram realizadas 16.000 cirurgias, em 2011 esse número chegou em 63.000, em 2014 totalizaram 88.000 procedimentos, em 2015, foram 93,5 mil procedimentos e em 2016, em torno de 100 mil procedimentos realizados (SBCBM, 2015a; SBCBM, 2017).

No Brasil, a SBCBM recomenda quatro técnicas cirúrgicas: *bypass* gástrico em Y de Roux (RYGBP), banda gástrica ajustável, gastrectomia vertical e *duodenal switch*. Por ser uma técnica segura e eficaz, o RYGBP é a mais utilizada no Brasil. É classificada como uma técnica mista, realizada por grampeamento de parte do estômago, o que reduz o espaço para o alimento, e um desvio do intestino inicial, que promove o aumento da secreção de hormônios responsáveis pelo controle da saciedade e diminuição da fome. Associa-se a perda de aproximadamente 40 a 45% do peso inicial, além de controlar o diabetes e outras comorbidades (SBCBM, 2015b).

Os critérios de indicação cirúrgica incluem: IMC $> 40\text{kg/m}^2$ com tratamento clínico prévio insatisfatório de, no mínimo, dois anos; IMC $> 35\text{kg/m}^2$ e presença de comorbidades como DM2, apneia do sono, hipertensão arterial sistêmica, dislipidemia, doenças cardiovasculares (doença arterial coronariana, infarto agudo do miocárdio, angina, insuficiência cardíaca congestiva, cardiomiopatia dilatada), fibrilação arterial, acidente vascular cerebral, síndrome de hipoventilação, asma grave não controlada, osteoartrose, hérnias discais, refluxo gastroesofágico com indicação cirúrgica, colecistopatia calculosa, pancreatites agudas de repetição, esteatose hepática, incontinência urinária de esforço na mulher, infertilidade masculina e feminina, disfunção erétil, síndrome dos ovários policísticos, veias varicosas, estigmatização social e depressão, desde que comprovado tratamento clínico prévio insatisfatório durante dois anos (BRASIL, 2016). A SBCBM

(2015b) complementa a resolução, acrescentando como critério de indicação IMC entre 30 e 35 Kg/m², desde que haja presença de comorbidades graves e constatação de intratabilidade clínica da obesidade por um endocrinologista. Pacientes com idade inferior a 16 anos ou superior a 65 anos devem ser avaliados individualmente, considerando risco-benefício, risco cirúrgico, presença de comorbidades, expectativa de vida e benefícios do emagrecimento (BRASIL, 2016).

2.1 DESCRIÇÃO DA TÉCNICA RYGBP E PRINCIPAIS RISCOS NUTRICIONAIS

O RYGBP é um procedimento misto, apresentando potencial restritivo e disabsortivo. O componente restritivo é representado pela redução do volume gástrico a 30 mL, o qual é responsável pela redução significativa da ingestão alimentar. Além disso, ocorre modificação da produção de hormônios responsáveis pelo controle da fome e da saciedade. O componente disabsortivo é representado pela anastomose em Y de *Roux*, realizada entre a porção proximal restante de estômago e um segmento do jejuno, excluindo a grande porção gástrica, o duodeno e pequena parte jejunal (ACQUAFRESCA et al., 2015; MECHANICK et al., 2010).

Esta técnica é um procedimento eficaz que promove a perda de peso e melhora das comorbidades, mas o peso inicialmente perdido poderá ser recuperado gradualmente se não forem efetuadas mudanças no estilo de vida, nos hábitos diários e práticas dietéticas (BASTOS et al., 2013).

Com a mudança anatômica e fisiológica no trato gastrointestinal, na técnica do RYGBP faz-se necessária a adequação da ingestão alimentar de acordo com as novas condições impostas pelo procedimento cirúrgico referentes ao volume e frequência das refeições e às características de ingestão de macro e micronutrientes (RUBIO; MORENO, 2007).

Após a cirurgia bariátrica, o consumo dietético é reduzido e os requerimentos proteicos aumentam devido ao catabolismo, o qual é mais acentuado durante os 30 primeiros dias de pós-operatório. Em técnicas mistas, como no RYGBP, a ingestão proteica poderá ser inferior a 50% das necessidades diárias, o que se torna um fator de risco nutricional pela redução de massa magra, queda de cabelo, enfraquecimento das unhas e redução da imunidade (MECHANICK et al., 2010; STOKLOSSA, 2013).

Além disso, a redução no volume e a disabsorção levam a deficiências nutricionais, incluindo além da proteína, algumas vitaminas e minerais, tais como: vitamina B12, ácido

fólico, ferro, vitamina D e cálcio (LEIRO; MELENDEZ, 2014). Dependendo da técnica cirúrgica utilizada, as proporções das deficiências nutricionais podem ser maiores ou menores, levando a anemias carenciais, alopecia e alterações no metabolismo ósseo, entre outras complicações (AASEHEIM et al., 2009; DAVIES et al., 2007; SHANKAR et al., 2010; FUJIOKA, 2005). Estas podem ocorrer a curto, médio e até mesmo longo prazo, se não houver monitoramento adequado.

2.2 PERDA DE PESO NO PÓS-OPERATÓRIO DE RYGBP

O tratamento cirúrgico da obesidade é considerado bem sucedido se houver perda de, no mínimo, 50% do excesso de peso (SANTO et al, 2015; BROLIN et al., 2007; FOBI, 2004; SILVER et al., 2006; ABESO, 2009). Outro critério utilizado por alguns autores é o IMC, sendo classificado como excelente resultado o $IMC < 30\text{kg/m}^2$; bom resultado, entre 30 e 35 kg/m^2 e $IMC > 35$ indica falha ou insucesso cirúrgico (CHRISTOU et al., 2006; GUMBS et al., 2007).

Espera-se que por volta do sexto ao oitavo mês de cirurgia, o paciente tenha perdido cerca de 30% do peso inicial. Geralmente a perda de peso estabiliza em torno de 30 a 40% do peso inicial, após um ano de cirurgia (QUILICI, 2006).

Segundo Novais et al. (2010), a maior perda de peso ocorre até o sexto mês, e as reduções posteriores não foram sensíveis aos testes estatísticos nos grupos com 3 e 4 anos de cirurgia. No grupo com dois anos, a redução de peso mostrou-se significativa também neste período, enquanto no grupo com mais de 5 anos, a redução foi significativa apenas no primeiro ano de cirurgia; o que demonstra que após um ano, a perda de peso se mantém.

Segundo a ABESO (2009), além de atingir o parâmetro de sucesso cirúrgico, com perda de 50% do peso excedente, é necessária a manutenção do peso por 5 anos, uma vez que após este período pode ocorrer falha na manutenção do peso e consequentemente nos resultados da cirurgia.

A perda de peso está diretamente relacionada à significativa melhora do estado metabólico e, consequentemente, à redução de riscos associados à obesidade (WAITMAN et al., 2002; BROLIN et al., 1994; SJOSTROM et al., 2004; O'BRIEN et al., 2005; BULT et al., 2008).

Os resultados da cirurgia bariátrica sobre a perda de peso estão comprovados e bem documentados, porém após dois anos do procedimento tem sido observado algum grau de recuperação do peso perdido (LOPEZ et al., 2007).

O RYGBP induz a uma média de perda de peso de 60 a 75% do excesso de peso corporal, com máxima perda no período entre 6 e 12 meses de pós-operatório. Entretanto, estudos evidenciam que certo reganho ponderal ocorre a partir de dois anos após o procedimento cirúrgico (DALCANALE et al., 2010; LOPEZ et al., 2007; MAGRO et al., 2008).

Diversos fatores são apontados como preditivos para ocorrência de reganho ponderal, dentre eles: hábitos alimentares inadequados, dilatação da bolsa gástrica, ausência ou redução da atividade física, baixa adesão ao acompanhamento nutricional no pós-operatório, IMC inicial muito elevado (LOPEZ et al., 2007; ELFHAG; ROSNER, 2005; SHAH et al., 2006) e possíveis adaptações hormonais envolvendo os hormônios GIP e GLP-1 (SANTO et al., 2016). Isso explica a importância do conhecimento prévio desses fatores, a fim de esclarecer ao paciente quanto aos riscos e períodos críticos de reganho de peso, além da possibilidade de retorno de comorbidades decorrentes deste processo (BASTOS, 2013).

2.3 USO DE *DATA MINING* E MODELOS DE REGRESSÃO NA ÁREA DA SAÚDE

A informática na saúde atualmente dispõe de ferramentas que podem apoiar a organização administrativa da consulta (WECHSLER et al., 2003). A transição para registros médicos eletrônicos e a disponibilidade de dados dos pacientes tem sido associada ao aumento do volume e complexidade das informações coletadas durante o atendimento. A inteligência artificial tem contribuído para com o diagnóstico diferencial de doenças, a partir da redução do risco de erros diagnósticos e terapêuticos (DILSIZIAN; SIEGEL, 2014).

O *Data Mining* possibilita a descoberta de novas informações através do cruzamento entre as variáveis presentes na base analisada (DILSIZIAN; SIEGEL, 2014). Trata-se de um processo de descoberta automática de informações em grandes depósitos de dados, bem como modelos descritivos, compreensíveis e preditivos (AGGARWAL, 2015; ZAKI, 2014).

Inúmeras informações ou dados são gerados e digitalizados diariamente, podendo ser utilizado o *Data Mining* na sua exploração. A incorporação de ferramentas de mineração de dados viabiliza a manipulação, análise e visualização de grandes bases de dados. A mineração de dados permite que múltiplos relacionamentos não-lineares e efeitos de interação sejam efetivamente capturados (CRUTZEN; GIABBANELLI, 2014; DIERKER et al., 2010).

Estudos com *Data Mining* na área de nutrição vem sendo realizados, com resultados promissores visando a predição de grupos alimentares chave na recomendação dietética (GIABANELLI; ADAMS, 2016), padrões de evolução de IMC em escolares (AGHA;

LOHRMANN; JAYAWARDENE, 2013), fatores associados à perda de peso após intervenção dietética (BATTERHAM et al., 2017); árvores de decisão tem sido usadas para examinar a relação entre dieta e fatores de estilo de vida associados a doenças esofágicas e câncer gástrico (NAVARRO et al., 2014), além de estudos visando identificar a técnica mais adequada de Data Mining para o objetivo de determinada pesquisa (PARTINGTON; PAPAKRONI; MENZIES, 2014; BATTERHAM et al., 2017-1).

No presente estudo, a identificação de padrões associados a perda de peso, ao reganho de peso e ao IMC de pacientes submetidos a cirurgia bariátrica foi realizada usando *Data Mining*. Para isso, foi aplicado um algoritmo de árvores de regressão baseado em testes de hipóteses condicionais. Neste, pode-se avaliar a significância estatística de associações resultantes dos modelos obtidos, o que confere à técnica caráter não só exploratório, mas também confirmatório. Dessa forma, a utilização de árvores de regressão e árvores condicionais inferenciais, dentre outros procedimentos de *Data Mining*, mostram-se importantes para a análise em diversos problemas na área da saúde.

Ressalta-se ainda, que o modelo de extração, assim como a necessidade de utilização de recursos adicionais requer análise estatística (KOH; TAN, 2005), conforme feito neste estudo.

Para verificar o grau de associação entre as covariáveis estudadas foram utilizados modelos de regressão. A regressão múltipla é uma coleção de técnicas estatísticas para construir modelos que descrevem de maneira razoável relações entre duas ou mais variáveis explicativas de um determinado processo. Estes modelos possibilitam quantificar a associabilidade e elaborar equações para estimativa de um indicador ou variável, através da determinação da correlação entre as variáveis explicativas (WEISBERG, 2005). Os modelos lineares generalizados são uma extensão dos modelos lineares. Trata-se de uma flexível generalização da regressão de mínimos quadrados ordinária e relaciona a distribuição aleatória da variável dependente no experimento com a parte sistemática (ou preditor linear) através de uma função chamada função de ligação. Os modelos lineares generalizados foram formulados por John Nelder e Robert Wedderburn em 1972, como uma maneira de unificar vários modelos estatísticos, incluindo a regressão linear, a regressão logística e a regressão de Poisson, sob um só marco teórico. Isto lhes permitiu desenvolver um algoritmo geral para a estimativa de máxima verossimilhança em todos estes modelos e este pode ser naturalmente estendido a muitos outros modelos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da PUCPR sob número do registro CAEE 13491913.8.0000.0020, parecer 2229786 (ANEXO 1).

3.1 AMOSTRA

Foram utilizados os dados de 388 prontuários de pacientes operados no período de 2005 a 2015, que realizaram cirurgia bariátrica pela técnica RYGBP. Todos os pacientes da amostra foram operados por videolaparoscopia, por ser uma característica do Serviço.

Os dados foram transcritos dos prontuários do serviço de nutrição do Centro de Videolaparoscopia do Paraná (CEVIP) para planilha do *excel*, por paciente, considerando o tempo em relação a cirurgia: primeira consulta do pré-operatório, um ano de pós-operatório e 5 anos de pós-operatório (quando o paciente apresentou mais de 5 anos de cirurgia, foram coletados os dados necessários à pesquisa no tempo 5 anos).

3.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Foram excluídos do estudo pacientes que realizaram outra técnica cirúrgica, que não o RYGBP por videolaparoscopia, ou que não tivessem registro em prontuário de algum dado relevante à pesquisa, tais como: peso, exames laboratoriais ou dados do registro alimentar.

3.3 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Os seguintes dados foram coletados dos prontuários:

- a) No pré-operatório (n=388): gênero, data de nascimento, peso, altura, IMC, data da cirurgia, recordatório alimentar de dia habitual, consumo diário de líquidos, frequência semanal de consumo de bebidas com gás e alcoólicas, frequência semanal de realização de atividade física, comorbidades (diagnóstico médico de hipertensão arterial sistêmica, DM2, esteatose hepática, apnéia do sono, depressão e/ou ansiedade), história mórbida familiar de comorbidades (HMF), história de tratamentos anteriores para perda de peso, tempo de obesidade, exames laboratoriais (hemoglobina, hematócrito, proteína total, albumina, ferritina, vitamina B12, cálcio, vitamina D, ácido fólico, colesterol total e frações,

triglicerídeos, zinco, TSH, PTH, glicose, hemoglobina glicada, insulina basal, TGO e TGP) e sinais clínicos relevantes (queda de cabelo, função intestinal, cansaço, fraqueza, parestesia e intolerância alimentar);

- b) No pós-operatório, com 3, 6, 9 e 12 meses de cirurgia (n=388): foram coletadas as mesmas informações do pré-operatório, com exceção de altura, data de nascimento, data da cirurgia, HMF, história de tratamentos anteriores para perda de peso e insulina basal (este exame, por não ter sido realizado pelos pacientes no período de pós-operatório). Neste período foi coletado também o percentual de perda de excesso de peso (%PEP);
- c) No pós-operatório, com 5 anos de cirurgia (n=204): foram coletados apenas o IMC, reganho de peso (RP), comorbidades e satisfação com os resultados da cirurgia, conforme registro em prontuário no referido tempo. Pacientes com 5 anos ou mais de cirurgia e que não tinham registro neste tempo de pós-operatório, foram excluídos desta fase da análise. Vale ressaltar que o dado quanto a satisfação com a cirurgia foi coletado do prontuário, sem utilização de questionário específico, pois faz parte do protocolo do Serviço perguntar se o paciente, com 5 anos de cirurgia, encontra-se satisfeito com o resultado da cirurgia bariátrica.

A amostra com 5 anos de cirurgia foi de 204 pacientes pois dos 388, 61 (15,7%) destes, não retornaram para a consulta com 5 anos de cirurgia e 123 pacientes (31,7%) ainda não haviam completado 5 anos de pós-operatório.

Em função da diferença no número de pacientes da amostra com um ano de pós-operatório e com 5 anos, além dos diferentes objetivos a serem avaliados nas duas amostras, a análise foi realizada em três etapas. Na primeira, foi analisada a perda de excesso de peso (PEP) em pacientes com um ano de pós-operatório (n=388 pacientes), em relação aos dados do pré-operatório. Na segunda etapa, considerou-se todas as variáveis do pré-operatório e de um ano de cirurgia, incluindo a PEP com um ano, como fatores preditivos para o IMC e/ou o reganho de peso, com 5 anos de pós-operatório (n=204 pacientes).

Na terceira etapa, foi realizada análise estatística correlacionando apenas os dados com 5 anos de cirurgia (IMC, RP, presença de comorbidades e satisfação com a cirurgia) para verificar se os pacientes com reganho de peso ou alto IMC são os que retornam ao quadro de comorbidades e se há correlação entre estes fatores com a satisfação com os resultados da cirurgia, relatada pelo paciente.

3.4 CONSTRUÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTO

A classificação e inclusão dos dados extraídos do prontuário para a planilha excel foi realizada da seguinte forma:

- a) Gênero: feminino (F) ou masculino (M);
- b) Idade: em anos, considerada na data da realização da cirurgia;
- c) Tempo de cirurgia: pré-operatório, um ano e 5 anos, de pós-operatório;
- d) HMF: presença de obesidade, DM2, hipertensão arterial sistêmica, dislipidemias, doenças cardiovasculares e apneia do sono, na família, conforme registro em prontuário;
- e) História de tratamentos anteriores para perda de peso: foi utilizado s (sim) quando o paciente realizou no mínimo três tratamentos para perda de peso previamente e n (não), quando este não realizou tratamento anterior para perda de peso ou realizou no máximo dois tratamentos;
- f) HMA: presença de doenças associadas ao excesso de peso (presença de comorbidades, tais como: DM2, hipertensão, dislipidemia, apneia do sono, problemas ortopédicos ou outras, desde que registradas em prontuário e associada ao quadro de obesidade);
- g) Peso (P): em quilos, conforme protocolo do serviço de nutrição e anotado em prontuário;
- h) Altura: em metros, conforme protocolo do serviço de nutrição e anotado em prontuário;
- i) Índice de massa corporal (IMC): obtido pelo peso dividido pela altura ao quadrado, devendo ser calculado em kg/m^2 . O cálculo foi realizado para cada tempo de pós-operatório (pré-operatório, um ano e 5 anos de cirurgia);
- j) Excesso de peso na cirurgia (EP): diferença do peso pré-cirurgia, em relação ao peso ideal, em quilos, sendo considerado IMC ideal $24,5 \text{ kg/m}^2$;
- k) Peso perdido (PP): diferença do peso pré-cirurgia em relação ao peso no tempo de cirurgia estudado, sendo estes, um ou 5 anos de pós-operatório;
- l) Percentual de perda de excesso de peso (%PEP): é a diferença percentual do peso perdido em relação ao excesso de peso. Para este cálculo foi utilizado o peso no pré-operatório, o excesso de peso e o peso com 1 ano de cirurgia. Após este cálculo, foi considerada %PEP satisfatória de 50 a 70% no 12o mês, devendo ser mantido após este período (SANTO et al, 2015; STEFFEN et al, 2009; BROLIN,

2002; CAPELLA; CAPELLA, 1996). Abaixo de 50% foi considerada insatisfatória e acima de 70% de PEP, foi considerada excelente, com um ano de cirurgia;

- m) Reganho de peso (RP): diferença do peso com 5 anos de cirurgia, em relação ao menor peso obtido após a cirurgia, em quilos;
- n) Percentual de reganho de peso (%RP): diferença percentual do peso com 5 anos de cirurgia, em relação ao menor peso obtido após a cirurgia. Foi estabelecido o ponto de corte de 15%, para indicar a ocorrência de reganho significativo (ODOM et al., 2010). Quando o paciente aumentou de 10 a 15%, este RP foi considerado como aceitável;
- o) Recordatório alimentar: foi coletado da ficha dos pacientes, considerando um dia habitual. Foi calculado o número de porções de cada grupo de alimentos (amido, frutas, vegetais, carne, leite ou derivados, açúcares e gorduras) e posteriormente avaliados considerando as recomendações da Pirâmide da Saúde criada pela *United States Department of Agrobusiness* (USDA), que pode ser acessada em: <<http://www.cnpp.usda.gov/mypyramid>>. O cálculo de calorias e de proteínas também foram realizados utilizando-se o mesmo instrumento e considerando o valor calórico e gramas de proteína por porção, respectivamente, sendo: grupo dos pães, cereais, arroz e massas (80 kcal, 2g); das hortaliças (25 kcal, 1g); das frutas (60 kcal, 0,5g); das carnes (150 kcal, 14g); do leite (120 kcal, 8g) e das gorduras, óleos e açúcares (45 kcal, 0g);
- p) Consumo de proteínas em gramas/kg de peso corporal ideal: para este cálculo foi dividido o valor diário de consumo de proteína (em gramas) no referido tempo de cirurgia (pré-operatório ou com 1 ano de pós-operatório) e dividido pelo peso ideal do paciente, considerando IMC de 24,5 kg/m²;
- q) Consumo de proteínas em gramas/kg de peso corporal atual: para este cálculo foi dividido o valor diário consumido de proteína (em gramas), no referido tempo de cirurgia e dividido pelo peso corporal do paciente, considerando o mesmo tempo de cirurgia (pré-operatório ou um ano de pós-operatório);
- r) Avaliação dietética: considerou-se o número de porções consumidas por grupo de alimentos, diariamente, por paciente, segundo preconização da pirâmide da saúde¹. Foi verificado o número de porções por grupo de alimentos e tabulados

¹ Disponível em: <<http://www.cnpp.usda.gov/mypyramid>>.

para análise de significância estatística nos tempos pré-operatório e com um ano de cirurgia;

- s) Consumo de líquidos: em mL. Foi comparada a diferença de consumo entre os tempos de cirurgia;
- t) Atividade física: foi considerada presente quando realizada no mínimo 3 vezes por semana por 40 minutos e classificada na tabela com a numeração de 3 a 7, indicando de 3 a 7 vezes por semana. Foi classificado como ausente ou 0, quando realizada menos de 3 vezes por semana ou por tempo inferior a 40 minutos;
- u) Sinais clínicos relevantes: presença de queda de cabelo, unhas fracas, fraqueza e tontura, sendo estes classificados em sim (s) ou não (n);
- v) Funcionamento intestinal: sendo classificado em normal (n), diarreia (d), obstipação (o);
- w) Exames laboratoriais (hemoglobina, hematócrito, proteína total, albumina, ferritina, vitamina B12, cálcio, vitamina D, ácido fólico, colesterol total e frações, triglicerídeos, zinco, T3, T4, TSH, PTH, glicose, hemoglobina glicosilada, TGO e TGP): foram avaliados segundo os valores de referência recomendados pelo laboratório, considerando valores de normalidade conforme descrito abaixo:
 - Hemoglobina: para homens de 13,5 a 18 g/dL e para mulheres, de 12 a 16g/dL;
 - Albumina: de 3,2 a 4,5 g/dL;
 - Ferritina: para homens de 36 a 260 g/L e para mulheres de 24 a 155 g/dL;
 - Vitamina B12: de 211 a 911 pg/mL;
 - Cálcio sérico: 8,6 a 10 mg/dL;
 - Vitamina D: até 20 ng/mL, deficiência; de 21 a 29 ng/mL, insuficiência e de 30 a 100 ng/mL, suficiência (HOLICK et al., 2011);
 - Ácido fólico: superior a 5,38 ng/mL;
 - Colesterol total: desejável, quando menor que 200 mg/dL; limítrofe, de 200 a 239 mg/dL e alto, acima de 240 mg/dL (XAVIER et al., 2013);
 - HDL: desejável, acima de 60 mg/dL; normal, de 40 a 60 mg/dL e baixo, se inferior a 40 mg/dL (XAVIER et al., 2013);
 - LDL: ótimo quando menor que 100 mg/dL; desejável de 100 a 129 mg/dL; limítrofe de 130 a 159 mg/dL; alto de 160 a 189 mg/dL e muito alto, se acima de 190 mg/dL. (XAVIER et al., 2013);

- Triglicerídeos: desejável se inferior a 150 mg/dL; limítrofe de 150 a 200 mg/dL; alto, de 201 a 499 mg/dL e muito alto, se maior ou igual a 500 mg/dL. (XAVIER et al., 2013);
- Glicose: 70 a 99 mg/dL;
- Hemoglobina glicada: < 5,7% é considerada normal, de 5,7 a 6,4% indica risco aumentado de diabetes e se > 6,4%, indica *diabetes mellitus* (ADA, 2017; SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2014);
- TSH: 0,4 a 4,3 microUI/mL (FONTES et al., 2013);
- TGO: 14 a 36 U/L.;
- TGP: 9 a 52 U/L;
- PTH: 12 a 88 pg/mL;
- Zinco: para homens, de 72,6 a 127 mcg/dL; para mulheres, de 70 a 114 mcg/dL;
- Insulina basal: 3 a 25 mU/L.

Após a inclusão de todos os dados em planilha do *excel*, a avaliação e correlação entre eles foi feita com o uso do *software* R[®]. Análises estatísticas menores, para avaliação da composição da dieta, foram realizadas no software ADS Nutri[®], e tiveram como objetivo analisar a evolução da ingestão alimentar no primeiro ano de pós-operatório de pacientes diabéticos ou com alteração glicêmica (dados apresentados no Artigo 1).

3.5 DESENVOLVIMENTO DO MODELO PARA DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS QUE INTERFEREM NA PERDA DE EXCESSO DE PESO COM UM ANO DE PÓS-OPERATÓRIO E NO REGANHO DE PESO E IMC COM 5 ANOS DE CIRURGIA BARIÁTRICA

Para a classificação das variáveis com relevância estatística, foi realizada análise de significância das variáveis do pré-operatório e com um ano de cirurgia (n=388) para identificar as variáveis do pré-operatório que influenciaram na %PEP e IMC com um ano de pós-operatório.

O mesmo foi feito correlacionando os dados do pré-operatório e com um ano de cirurgia (n=204) em relação ao IMC e RP com 5 anos de cirurgia.

A análise dos dados foi realizada no *software* R (R CORE TEAM, 2017), conjuntamente com os pacotes: *car* (FOX; WEISBERG, 2011) utilizado para realizar o teste

de razão de verossimilhanças; *DescTools* (SIGNORELL et al., 2017) para o cálculo do coeficiente de concordância de *Kendall*; *boot* (DAVISON; HINKLEY, 1997) para o cálculo do intervalo de confiança para o coeficiente de concordância de *Kendall*; *MASS* (VENABLES; RIPLEY, 2002) para obtenção de medidas complementares ao ajuste dos modelos e *tweedie* (DUNN; SMYTH, 2008) para o ajuste dos modelos de regressão *tweedie* para a variável IMC 5 anos.

A análise consistiu de três etapas: na primeira foram feitas análises descritivas e testes de hipóteses bivariados; na segunda etapa, foram ajustados modelos de regressão das variáveis %PEP com um ano de cirurgia (%PEP 1 ano), IMC com um ano de cirurgia (IMC 1 ano), %RP com 5 anos de cirurgia (RP 5 anos) e IMC com 5 anos de cirurgia bariátrica (IMC 5 anos) e, na terceira etapa, foi realizada estatística simples para correlação entre os dados do paciente com 5 anos de cirurgia para verificar a significância estatística. Segue a descrição detalhada das três etapas da análise.

3.5.1 Etapa 1

A análise descritiva e os testes bivariados foram aplicados de acordo com a escala das covariáveis. Para as covariáveis categóricas, como o gênero, foram desenvolvidos gráficos *bloxplots*. Com o objetivo de avaliar as diferenças de médias entre as categorias de cada covariável em relação às variáveis %PEP, IMC 1 ano, IMC 5 anos e %RP 5 anos, o teste *t de Student* foi aplicado e, quando as exigências do teste não foram atendidas, o teste de *Mann Whitney U*. Para as covariáveis categóricas com mais de duas categorias foi realizado o teste F e, quando as exigências da análise não foram atendidas, o teste de *Kruskal Wallis*.

Para as covariáveis contínuas, gráficos de dispersão foram elaborados para cada covariável e variável resposta e foi aplicado o coeficiente de *Pearson*. Essa primeira etapa teve como objetivo identificar quais variáveis estão relacionadas com o %PEP, IMC 1 ano, IMC 5 anos e RP 5 anos dos pacientes ($p < 0,2$).

3.5.2 Etapa 2

Para a segunda etapa desta análise, entre as variáveis que apresentaram $p < 0,2$ na primeira etapa, buscou-se verificar quais eram relacionadas entre si, através do teste Qui-quadrado para as variáveis categóricas, coeficiente de *Pearson*, para as variáveis contínuas e teste F, para as variáveis contínuas versus categóricas.

O modelo ajustado para verificar quais variáveis foram associadas com as variáveis %PEP 1ano, IMC 1 ano e RP 5 anos, foi o de regressão linear múltipla (GELMAN; HILL, 2009). A seleção das covariáveis a compor o modelo foi feita através de *backward*: ajustou-se um modelo com todas as covariáveis e a cada passo, o modelo foi reajustado desconsiderando a variável menos significativa no teste de razão de verossimilhanças (TRV), até que todas fossem significativas ($p < 0,05$). A adequação do modelo foi avaliada através da análise dos resíduos. Por último, os resultados dos modelos ajustados foram apresentados por meio das estimativas dos efeitos das variáveis incluídas, seus erros padrões e intervalos de confiança (95%).

Para avaliar a qualidade do ajuste, o coeficiente de determinação R^2 ajustado foi utilizado, e é interpretado como a porcentagem de variabilidade da variável resposta que foi explicada pelas covariáveis, corrigido pelo número de covariáveis do modelo. Para analisar a qualidade de predição do modelo, a estatística *Predicted Residual Error Sum of Squares* (PRESS) foi utilizada.

Diferentemente destas variáveis, a variável IMC 5 anos foi modelada usando o modelo linear generalizado (MLG) com distribuição *tweedie* e parâmetro de dispersão igual a 3,3207 (que se assemelha ao MLG com distribuição normal inversa) e função de ligação identidade, uma vez que a variável IMC 5 anos apresentou comportamento fortemente assimétrico (DUNN; SMYTH, 2008). A forma de selecionar as variáveis e de interpretar os resultados do ajuste do modelo permaneceu a mesma, apenas a distribuição utilizada foi adequada ao comportamento desta variável.

Como resultado, obteve-se uma equação para estimativa da média do IMC e do %PEP com um ano de cirurgia; bem como do RP e do IMC, com 5 anos de RYGBP, considerando as variáveis que apresentaram significância estatística no pré-operatório e/ou com um ano de pós-operatório de cirurgia bariátrica.

O coeficiente de concordância de *Kendall Wt* (KENDALL, 1948) com correção para empates, foi utilizado para medir a concordância entre os valores ajustados pelo modelo e observados das variáveis, sendo considerado excelente quando o resultado é superior a 0,8 (BANERJEE et al., 1999), ou seja, é considerado excelente quando a concordância entre o resultado estimado pela equação e o resultado apresentado pela amostra, for superior a 80%. A taxa de acertos, de cada uma das equações também foi calculada.

Das equações geradas, a que apresentou melhor taxa de acertos e coeficiente de concordância de Kendall foi a para estimativa do IMC médio com 5 anos, sendo esta apresentada no Artigo 2.

3.5.3 Etapa 3

Para verificar a associação aos 5 anos de cirurgia bariátrica, entre o IMC, RP, presença de comorbidades e satisfação com os resultados da cirurgia foi realizado o teste de Mann Whitney ($p < 0,05$), considerando os dados neste tempo de pós-operatório.

Quanto a satisfação com os resultados da cirurgia, coletou-se o dado conforme registro em prontuário. Não foi aplicado um questionário, apenas foi perguntado ao paciente se está satisfeito com o resultado da cirurgia, conforme protocolo do Serviço, nesta consulta.

Os dados desta análise também foram apresentados no Artigo 2.

Nos apêndices desta tese, encontram-se os resultados dos modelos estatísticos das análises, sendo: APÊNDICE 1 – Resultados do ajuste do modelo de regressão linear múltipla para estimativa do %PEP com um ano de cirurgia; APÊNDICE 2 - Resultados do ajuste do modelo de regressão linear múltipla para estimativa do IMC com um ano de cirurgia; APÊNDICE 3 - Resultados do ajuste do modelo de regressão linear múltipla para estimativa do RP com 5 anos de cirurgia; APÊNDICE 4 - Resultados do ajuste do modelo de regressão generalizado com distribuição *tweedie* para estimativa do IMC com 5 anos de cirurgia e APÊNDICE 5 - Análise do RP e IMC com 5 anos de cirurgia, correlacionando com a presença de comorbidades e satisfação com a cirurgia.

O desenvolvimento do modelo foi necessário para que se pudesse estabelecer a correlação entre todas as variáveis estudadas, verificando o quanto uma interfere na outra, assim permitindo a elaboração da equação para estimativa da média do IMC com 5 anos de cirurgia, a partir de dados do pré-operatório e com um ano de cirurgia.

3.6 APLICAÇÃO DE *DATA MINING*

A aplicação de *Data Mining* foi realizada no *software* R® e foram considerados todos os dados dos pacientes. Para a predição do %PEP e do IMC com um ano de cirurgia utilizou-se a amostra completa (n=388).

Para a predição do IMC e RP com 5 anos de cirurgia, foram utilizados os dados do pré-operatório e com um ano de cirurgia (n=204).

O *Data Mining* baseia-se em sucessivas partições de uma amostra (e das sub-amostras originadas, denominadas nós), por meio dos resultados das variáveis explicativas, buscando a constituição de sub-amostras homogêneas quanto aos valores da variável resposta.

Como resultado, tem-se um conjunto de sucessivas partições da amostra original (e das sub-amostras constituídas), além das regras de partição definidas pelas covariáveis. Esses resultados podem ser representados por meio de um gráfico, denominado árvore, que é facilmente interpretável e contempla modelos exploratórios e preditivos. A análise baseou-se em árvores inferenciais condicionais (*Conditional Inference Trees*), conforme apresentado em Hothorn et al. (2006) e implementado nos pacotes *party* e *partykit* do *software R*.

Nesse método, as partições são baseadas em testes estatísticos de hipóteses de amostras e sub-amostras (nós). Os testes são baseados em técnicas de permutação, conforme descrito em Strasser e Weber (1999). As árvores são obtidas com base no seguinte procedimento: 1) Para um particular nó (a amostra original, ou alguma sub-amostra constituída) testa-se a hipótese nula global de independência entre cada uma das covariáveis e a resposta. O nó somente não será partido se, para o nível de significância fixado, a hipótese nula não for rejeitada. Caso contrário, seleciona-se para partição a covariável mais fortemente associada à resposta; 2) Implementa-se uma partição binária (divisão da amostra em duas sub-amostras) baseada na covariável selecionada no primeiro passo; 3) Os passos 1 e 2 são repetidos recursivamente para os nós constituídos até que nenhum nó apresente alguma partição que atenda ao nível de significância fixado. Em todas as aplicações foi considerado $p < 0,05$. Foi utilizado o fator de Bonferroni para correção do nível de significância em virtude dos múltiplos testes executados a cada etapa do algoritmo.

Várias ferramentas de *Data Mining* existem. Neste estudo, foram utilizados 'classificadores'. Um classificador é uma função que rotula os indivíduos em um resultado (por exemplo, pacientes com baixa perda de excesso de peso com um ano de cirurgia bariátrica ou pacientes com reganho de peso significativo após 5 anos de cirurgia bariátrica) com base em um grupo de fatores preditivos (por exemplo: peso, idade, gênero, consumo alimentar, tempo de obesidade, no pré-operatório). Todas as covariáveis do pré-operatório foram inseridas na análise, para que se pudesse verificar os que auxiliam na predição da PEP com um ano de cirurgia ($n=388$). Posteriormente, todas as covariáveis do pré-operatório e com um ano de cirurgia, foram analisadas, considerando a influência na predição do RP ou IMC com 5 anos de cirurgia bariátrica ($n=204$).

Os classificadores utilizados foram: 1) pacientes com baixa perda de excesso de peso com um ano de cirurgia; 2) pacientes com $IMC > 35$, com 5 anos de cirurgia e 3) pacientes com reganho de peso maior que 15% com 5 anos de cirurgia bariátrica.

As árvores de decisões geradas são representações gráficas onde os nós representam amostras e as folhas, categorias; demonstrando a correlação e dependência entre as variáveis.

Foram obtidas duas árvores de classificação e regressão a partir da utilização de *Data Mining*, sendo estas:

- a) Fatores preditivos para o %PEP com um ano de cirurgia, a partir dos dados do pré-operatório (n=388) (APÊNDICE 6);
- b) Fatores preditivos para o IMC com 5 anos de cirurgia (n=204) (APÊNDICE 7).

Na análise do ganho de peso aos 5 anos de cirurgia bariátrica, nenhuma das variáveis avaliadas no pré-operatório ou com um ano de cirurgia atingiu o nível de significância fixado ($p < 0,05$), de tal forma que a amostra inicial não foi partida, não gerando, consequentemente, uma árvore. Ou seja, o processo de *Data Mining* não conseguiu estabelecer uma correlação entre os dados do pré-operatório e com um ano de cirurgia, na predição do RP com 5 anos de pós-operatório, apenas com o IMC. Pode-se considerar um fator limitante para este estudo, a perda de número amostral em pacientes com 5 anos de cirurgia, o que pode ter influenciado nos resultados do trabalho.

Os dados desta análise deram origem ao Artigo 3.

4 ARTIGOS CIENTÍFICOS

A partir dos dados deste estudo, foram gerados três artigos principais:

- a) Avaliação da ingestão alimentar durante o primeiro ano de pós-operatório de pacientes com diabetes melito tipo 2 ou alteração glicêmica submetidos ao *bypass* gástrico em Y de Roux;
- b) *Predictors of success in bariatric surgery: the role of BMI and preoperative comorbidities*;
- c) *Use of data mining in the identification of predictive factors of weight loss, BMI and weight regain after Roux-em-Y gastric bypass*.

O artigo Avaliação da ingestão alimentar durante o primeiro ano de pós-operatório de pacientes com diabetes melito tipo 2 ou alteração glicêmica submetidos ao *bypass* gástrico em Y de Roux, foi aceito para publicação na revista ABCD (Qualis B3 para medicina III, fator de impacto: 0,97, no dia 25 de setembro de 2017).

Um dos objetivos desta tese foi analisar as diferenças dietéticas entre o grupo de pacientes com perda de peso adequada e de pacientes que evoluíram com baixa perda de peso, no primeiro ano de pós-operatório. Não foi encontrada significância estatística relacionando o consumo alimentar do pré-operatório com a perda de peso com um ano de cirurgia, ou seja, o consumo alimentar no pré-operatório não é um preditor de perda de peso no pós-operatório. Então optou-se por avaliar a evolução da ingestão alimentar dos pacientes diabéticos ou com alteração glicêmica independente da perda de peso, para verificar a melhora glicêmica e a mudança de hábitos no pós-operatório. Com isso, foi possível o desenvolvimento da Monografia de Mestrado em Alimentação e Nutrição na UFPR, da aluna Marília R. Zapparoli, defendida e aprovada em 2016, e o aceite para publicação deste artigo na revista ABCD, em 2017.

O segundo artigo, intitulado *Predictors of success in bariatric surgery: the role of BMI and preoperative comorbidities*, foi enviado para a revista *Obesity Surgery* (Qualis A2 para medicina III, fator de impacto: 4,15) no dia 12 de setembro de 2017, aceito para publicação no dia 01 de novembro e publicado pela revista no dia 10 de novembro de 2017. Este artigo mostra os indicadores para o sucesso cirúrgico, obtidos através da elaboração de um modelo generalizado com distribuição *tweedie*. A partir da análise estatística gerada pelo modelo, uma equação para estimativa do IMC médio com 5 anos de cirurgia bariátrica foi definida com a utilização dos dados do pré-operatório e de um ano de cirurgia. Trata-se de utilização de um modelo estatístico cumprindo com um dos objetivos da tese, que foi

correlacionar todos os fatores pré-operatórios e com um ano de cirurgia, verificando a importância e/ou relevância de cada um deles no ganho de peso e/ou IMC com 5 anos de cirurgia.

O terceiro artigo também será enviado para a revista *Obesity Surgery* e apresenta como título: *Use of data mining in the identification of predictive factors of weight loss, BMI and weight regain after Roux-em-Y gastric bypass*. Este artigo apresenta as árvores geradas através da utilização de *Data Mining*. A primeira árvore mostra os fatores preditivos da PEP com um ano de cirurgia (n=388) e a segunda, mostra os fatores preditivos do IMC com 5 anos de cirurgia bariátrica (n=204).

Seguem os artigos, na sequência citada.

4.1 ARTIGO 1

Avaliação da ingestão alimentar durante o primeiro ano de pós-operatório de pacientes com diabetes melito tipo 2 ou alteração glicêmica submetidos ao bypass gástrico em Y de roux.

Food intake evaluation during the first year of postoperative of patients with type 2 diabetes mellitus or glycemic alteration submitted to Roux-en-Y gastric bypass

Número do manuscrito 531

Artigo Original

Marilia R. ZAPAROLLI², Magda R. R. DA-CRUZ^{3,4},
Caroline FREHNER¹, Alcides J. BRANCO- FILHO⁴,
Maria Eliana M. SCHIEFERDECKER², Antônio C. L. CAMPOS³

Trabalho realizado no ¹Departamento de Nutrição, ²Programa de Pós-Graduação em Alimentação e Nutrição e ³ Departamento de Cirurgia da Universidade Federal do Paraná, e ⁴Cevip, Centro de Videolaparoscopia, Curitiba, PR, Brasil

RESUMO - Racional: Obesidade é uma das maiores causas de alteração glicêmica. O insucesso no seu tratamento clínico pode levar ao aumento de operações bariátricas. Orientação dietética, em conjunto com fatores disabsortivos e hormonais resultantes das alterações anatômicas e fisiológicas provocadas pela operação, está associada a mudanças na ingestão alimentar. **Objetivo:** Analisar a evolução da ingestão alimentar durante o primeiro ano pós-operatório de *bypass* gástrico em Y-de-Roux de pacientes com diabetes *melito* tipo 2 ou alteração glicêmica no pré-operatório. **Métodos:** Estudo observacional longitudinal e retrospectivo. Para análise da evolução da ingestão alimentar, modelos de regressão linear com erros normais foram ajustados para cada nutriente. **Resultados:** Aos 12 meses, todos os pacientes apresentaram melhora nos níveis de glicemia ($p < 0,05$). Durante o primeiro ano pós-operatório, houve redução na ingestão de energia, macronutrientes, consumo de bebidas alcoólicas e refrigerantes. Por outro lado, houve aumento na ingestão de fibras e fracionamento da dieta. Observou-se que, apesar das restrições gástricas, a ingestão de

micronutrientes recomendados especificamente para o controle glicêmico foi maior até seis meses de pós-operatório. **Conclusão:** Houve mudança na quantidade e na qualidade da ingestão alimentar, sendo o consumo de alimentos que contribuem para o controle glicêmico mais prevalente até o sexto mês de cirurgia. No pós-operatório em até um ano, a dieta sofre alteração, apresentando inadequações em relação à pirâmide específica, com tendência ao padrão alimentar do pré-operatório.

DESCRIPTORIOS: Derivação gástrica. Nutrientes. Ingestão de alimentos

ABSTRACT – Background: Obesity is one of the main causes of glycemic change. Failure of clinical obesity treatment may lead to an increase in bariatric surgery. Dietary guidance, in conjunction with disabsorptive and hormonal factors resulting from the anatomical and physiological changes provoked by the surgery, is associated with changes in food intake. **Aim:** To analyze food intake evolution during the first postoperative year of Roux-en-y gastric bypass in patients with type 2 diabetes mellitus or glycemic alteration. **Methods:** This was a longitudinal and retrospective observational study. For food intake evolution analysis, linear regression models with normal errors were adjusted for each of the nutrients. **Results:** At 12 months, all patients presented improvement in glycemic levels ($p < 0.05$). During the first postoperative year, there was a reduction in energy intake, macronutrients, consumption of alcoholic beverages and soft drinks. Conversely, there was an increase in fiber intake and diet fractionation. It was observed that, despite gastric restrictions, the micronutrient intake specifically recommended for glycemic control was greater up to six months postoperatively. **Conclusion:** There was change in the quantity and quality of food intake. It was the most prevalent glycemic control contributor up to six months postoperatively. At the end of one year, the diet underwent a change, showing a similar tendency to the preoperative food intake pattern.

HEADINGS: Gastric bypass. Nutrients. Food consumption.

INTRODUÇÃO

A obesidade é considerada uma das principais causas da alteração glicêmica e diabetes melito tipo 2 (DM2)¹. Estima-se que 44% dos casos estejam correlacionadas com a obesidade².

O perfil de ingestão alimentar está diretamente associado à melhora glicêmica, cujo objetivo é manter níveis de glicemia dentro ou próximos da normalidade³.

Redução energética e de gorduras, assim como a redução ou exclusão de ingestão de bebidas açucaradas e aumento do consumo de fibras são estratégias fundamentais na melhora glicêmica^{4,5,6}. O consumo diário de frutas e hortaliças fornece quantidade elevada de micronutrientes com potencial antioxidante, minimizando os danos ao organismo causados pelo estresse oxidativo e metabólico relacionado à alteração glicêmica⁷. Zinco, magnésio, selênio e vitaminas antioxidantes, especialmente vitamina C, podem afetar diretamente a homeostase da glicose⁸.

No pós-operatório de cirurgia bariátrica, observa-se mudança do padrão da ingestão alimentar mediante redução significativa na ingestão energética, de macro e micronutrientes⁹. Além disso, ela tem sido associada a mudanças comportamentais, relacionadas com a preferência e escolha dos alimentos e aumento do fracionamento, refletindo em refeições com mais qualidade e em porções menores¹⁰.

O objetivo deste estudo foi analisar a evolução da ingestão alimentar durante o primeiro ano do pós-operatório de *bypass* gástrico em Y-de-Roux (BGYR) de pacientes com diabetes *melito* tipo 2 ou alteração glicêmica no pré-operatório.

MÉTODOS

A pesquisa foi realizada após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), sob registro nº.13491913.8.0000.0020.

Trata-se de um estudo observacional analítico longitudinal, de caráter retrospectivo. Foi utilizada amostragem por conveniência, sendo selecionados apenas aqueles que atendiam aos critérios de inclusão que foram: dados de pacientes adultos e idosos, de ambos os gêneros, com diagnóstico de diabetes *melito* tipo 2 ou glicemia de jejum alterada confirmados através de exames bioquímicos do pré-operatório (glicemia de jejum e HbA1c), submetidos ao BGYR, operados entre 2007 e 2014. Os prontuários deveriam conter registro de atendimento nutricional no pré-operatório, três meses, e/ou seis meses e 12 meses de pós-operatório.

Para diagnóstico de DM2 foram considerados glicemia em jejum ≥ 126 mg/dl ou HbA1c $\geq 6,5\%$; como alteração glicêmica se a glicemia de jejum apresentasse variação entre 100-125 mg/dl ou HbA1c entre 5,7% e 6,4%^{11,12}.

Toda a informação foi coletada a partir do registro médico eletrônico. Foi considerada prática de atividade física a realização de pelo menos 150 minutos por semana, de exercício físico de intensidade moderada².

Os dados da ingestão alimentar foram avaliados a partir da estimativa da composição dos recordatórios de 24 h (R24h) nos períodos estabelecidos e registro de frequência semanal de consumo de doces, refrigerantes e bebidas alcoólicas. A análise da composição foi realizada a partir do software de análise de dietas ADS Nutri®.

Análise estatística

A caracterização da amostra foi realizada a partir de análise estatística descritiva: média, desvio-padrão, mediana, amplitude e frequências. Para comparação da evolução do DM2 no pré-operatório e pós-operatório foi utilizado o teste estatístico MacNemar. Para analisar a evolução da ingestão alimentar foram ajustados modelos lineares de regressão com erros normais para cada um dos nutrientes considerados¹³. As análises foram realizadas no software R, pacote Nlme, considerando nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Foram revisadas 754 fichas de acompanhamento nutricional presentes no prontuário médico de pacientes operados entre 2007 e 2014, sendo selecionadas para análise as fichas dos que atenderam aos critérios de inclusão. A amostra final foi composta por dados de 106 pacientes. Entretanto, nas consultas intermediárias do pós-operatório, três e seis meses, estavam disponíveis somente dados de 100 e 98 pacientes, respectivamente. Considerando as consultas nutricionais como indicador de adesão ao tratamento, observou-se que a adesão foi de 94,3% aos três meses; 92,5% aos seis e 100% aos 12 meses de pós-operatório. Dentre os indivíduos constituintes da amostra, 90,5% (n=96) eram mulheres e a idade média de 48 (20-64) anos.

Em relação ao histórico de obesidade anterior à operação, 67,9% (n=72) apresentaram essa condição clínica há 10 anos ou mais. Ao investigar-se o histórico familiar de obesidade e

DM2, 87,7% (n=93) relataram familiares com quadro de obesidade e 75,5% (n=80) de DM2. A maior parte da amostra, 61,3% (n=65) relatou diagnóstico de três ou mais comorbidades no período pré-operatório (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização da amostra

Variaveis	Pre operatório	3 meses PO	6 meses PO	12 meses PO
Amostra (n)	106	100	98	106
Sexo				
Feminino % (n)	90.5 (96)	90 (90)	92.8 (91)	90.5 (96)
Masculino % (n)	9.5 (10)	10 (10)	7.2 (7)	9.5 (10)
Idade (ano)*	48 (20–64)	48 (20–64)	47 (20–64)	48 (20–64)
Histórico de Obesidade (anos)				
≤10 anos	32.1 (34)	NA	NA	NA
>10 anos	67.9 (72)	NA	NA	NA
Histórico familiar médico de obesidade				
Sim % (n)	87.7 (93)	NA	NA	NA
Não % (n)	12.3 (13)	NA	NA	NA
Histórico médico familiar de DM2				
Sim % (n)	75.5 (80)	NA	NA	NA
Não % (n)	24.5 (26)	NA	NA	NA
Comorbidades				
Duas comorbidades % (n)	38.7 (41)	23 (23)	13.2 (13)	6.6 (7)
Três ou mais comorbidades % (n)	61.3 (65)	NA	NA	NA

Nota: * Valores são expressos em média (valor mínimo – máximo). Estatística descritiva (software R).

Abreviações: PO = Pos-operatório; DM2 = Diabetes mellitus tipo 2; NA = Não aplicável; % - porcentagem em relação a amostra; n = número de pacientes.

O IMC pré-operatório foi de 39,6 kg/m² (35,8-67,8). Com três meses, os pacientes apresentaram IMC médio de 31,5 kg/m² (23,9-53,3); aos seis 28,1 kg/m² (22,3-49,9) e aos 12 meses 26,8 kg/m² (19,0-48,5). O percentual de perda de excesso de peso progrediu de 53,7% (23,8-112,5) aos três meses para 72,8% (33,2-139,4) aos seis e 87,8% (36,2-150,4) aos 12

meses. A perda de peso absoluta foi de 21,4 kg (8,8-44,5), 28,5 kg (13,8-73) e 32,4 (21,5-88) kg aos três, seis e 12 meses de pós-operatório, respectivamente.

No pré-operatório, 51,8% (n=55) dos pacientes apresentavam DM2 e 48,2% (n=51) glicemia de jejum alterada. Apesar da alteração glicêmica, apenas 32,1% (n=34) utilizavam medicamentos hipoglicemiantes e/ou insulina.

Ingestão de alimentos

Estimou-se que a energia, ou seja, a ingestão calórica aos três meses da operação, representou em média 35,7% daquela do pré-operatório ($p<0,05$). Aos seis e 12 meses essa estimativa aumentou para 40,3% e 49,7%, respectivamente ($p<0,05$). Além disso, observou-se que o valor calórico ingerido apresentou resultados similares para as categorias idade, anos de obesidade, classificação de IMC, número de comorbidades e uso de medicamentos.

Em relação à ingestão de carboidratos, estimou-se que com três meses da operação os pacientes consumiram em média 35,3% da quantidade de carboidratos ingerida no pré-operatório ($p<0,05$). Aos seis e 12 meses essa estimativa aumentou para 39,4% e 49,4%, respectivamente ($p<0,05$). A análise identificou que homens apresentaram consumo de 12,3% a mais do que as mulheres ($p<0,05$).

Com três meses a ingestão de lipídeos representou em média 26,3% da ingestão lipídica do pré-operatório ($p<0,05$). Aos seis, a média equivaleu a 31,8% do consumo inicial e aos 12, esse valor aumentou para 39,5% ($p<0,05$). O valor de lipídeos ingerido apresentou resultados similares para as categorias idade, anos de obesidade e classificação de IMC, número de comorbidades e uso de medicamentos.

Com três meses de cirurgia, o consumo de magnésio representou 61,3% do consumo do pré-operatório ($p<0,05$). Aos seis e 12 meses ele correspondeu a 66,7% e 79,3%, respectivamente ($p<0,05$). Foi observado, que os pacientes com histórico de obesidade superior a 10 anos, apresentaram consumo médio de 9,19% a menos em relação aos demais ($p<0,05$).

O consumo de zinco aos três meses correspondeu a 6,73 mg/dia a menos em comparação ao pré-operatório. Aos seis e 12 meses, observou-se consumo médio inferior em

5,39 mg/dia e 4,83 mg/dia, respectivamente, em relação ao pré-operatório ($p < 0,05$). As quantidades ingeridas aos seis e 12 meses foram semelhantes entre si ($p > 0,05$).

No pré-operatório observou-se alta prevalência no consumo de refrigerantes (65,1%). Para bebidas alcoólicas, a prevalência foi menor, representando 13,2% ($n=14$) da amostra. Aos três meses nenhum paciente relatou consumo de refrigerantes ou bebidas alcoólicas. Entretanto, com seis 6,1% ingeriam refrigerantes e bebidas alcoólicas. Com 12 meses, a ingestão de refrigerantes aumentou para 14,6% enquanto a de bebidas alcoólicas aumentou para 11,3%.

DISCUSSÃO

Em paralelo à atual epidemia global da obesidade, está o aumento do diabetes melito tipo 2. Sabe-se que aproximadamente 23% dos pacientes com obesidade mórbida apresentam quadro de DM2, sendo que apenas 8% são diagnosticados no estágio inicial dessa condição clínica^{14,15}. O tratamento médico convencional para controle glicêmico é desafiador, uma vez que, alguns agentes hipoglicemiantes orais e insulina podem resultar no ganho de peso. Como tratamento alternativo, inicialmente utilizado apenas com a finalidade de redução de peso, a cirurgia bariátrica tornou-se tratamento eficaz na remissão de comorbidades como DM2, reduzindo risco cardiovascular e consequentemente o número de óbitos associados à obesidade¹⁶.

A adesão ao tratamento multidisciplinar é um dos fatores que influencia a evolução clínica e nutricional do paciente. Os níveis altos de adesão podem ser justificados pelo fato da coleta de dados ter sido realizada em uma clínica que apresentava monitoramento da saúde de no mínimo 75% dos indivíduos por um período de cinco anos de seguimento pós-operatório¹⁷. Ao longo dos anos, a taxa de adesão ao acompanhamento multidisciplinar tende a reduzir, o que é preocupante, uma vez que o resultado cirúrgico está associado com fatores dietéticos e comportamentais pós-operatórios. As recomendações da equipe quanto a ingestão de alimentos e comportamentos alimentares são preditoras da evolução clínica desde o período imediato até o período tardio. Sarwer et al. (2008) mostraram que as orientações de adesão relatadas com 20 semanas de pós-operatório refletiram na perda de peso verificada com 96 semanas após a operação¹⁸.

A partir da análise da ingestão alimentar, esse estudo mostrou que além da mudança quantitativa, há mudança na qualidade da dieta. Quando comparada ao período pré-operatório, a dieta do pós-operatório foi caracterizada por redução na ingestão de energia, carboidratos, proteínas, lipídeos, consumo de bebidas alcoólicas e refrigerantes. Em contrapartida, houve aumento na ingestão de fibras e fracionamento da dieta. Quanto aos micronutrientes específicos (zinco, magnésio, selênio e vitamina C) para o controle glicêmico, foi observado que apesar da restrição gástrica, os alimentos fontes desses nutrientes estavam presentes com maior frequência após a operação.

Estudos recentes têm apresentado nova visão sobre a melhora glicêmica pós-operatória, incluindo a redução do consumo energético como um dos principais norteadores para a rápida melhora nos níveis de glicemia. Além dos mecanismos responsáveis pela supressão do apetite, há mudança na escolha dos alimentos, sendo a mais observada a substituição do consumo de alimentos doces com alta densidade energética por alimentos de baixa densidade energética¹⁹. Ao estudarem a percepção do sabor e alteração no paladar após BGYR, autores concluíram que há aumento no estímulo aos sabores amargos e ácidos e redução de estímulo ao sabor doce^{20,21,22}.

Além disso, a mudança do padrão alimentar pré-operatório para o pós-operatório está associada à dieta orientada. A mudança de hábitos - melhor mastigação, fracionamento adequado e ingestão de vegetais e frutas, assim como redução do consumo de alimentos ricos em gorduras e açúcares simples - reduz as possibilidades de complicações pós-operatórias, garantindo o sucesso cirúrgico²³. No pós-operatório tardio, a pirâmide alimentar adaptada para pacientes após cirurgia bariátrica, facilita a escolha de alimentos, permitindo alimentação equilibrada, a partir da variedade e proporcionalidade dos grupos alimentares²⁴. Outro fator associado às escolhas alimentares do pós-operatório é a síndrome de dumping, na qual os pacientes deixam de consumir alimentos hipercalóricos ou ricos em gorduras e açúcares, além de aumentarem a ingestão de alimentos ricos em fibras por receio de apresentarem os sintomas^{25,26}.

Apesar da melhora do padrão alimentar pós-operatório em relação ao pré-operatório, ao se analisar a evolução da dieta ao longo dos três, seis e 12 meses de pós-operatório, observou-se que o consumo adequado de alimentos que contribuem para o controle glicêmico é mais prevalente até o sexto mês de pós-operatório. Esse fato denota a maior preocupação dos pacientes no pós-operatório imediato, período em que a dieta possui características

específicas, refletindo a falta de compreensão da importância da reeducação alimentar no sucesso cirúrgico em longo prazo²⁷.

Para análise da ingestão alimentar foram utilizados R24h cujos dados foram ajustados a partir de modelos de regressão. Recentemente, um estudo realizado com pacientes diabéticos submetidos ao BGYR mostrou que o R24h é um instrumento apropriado para analisar a ingestão de nutrientes antes e após operação bariátrica, entretanto é insuficiente para avaliar possíveis déficits em longo prazo²⁸. Sabe-se que o R24h possui várias limitações, isto é, depende do relato do entrevistado, podendo ocorrer superestimação ou subestimação do consumo alimentar²⁹. Ela é percebida no período pré-operatório, por se tratar de um momento onde a ingestão alimentar é alta e o paciente opta pela omissão. Entretanto, existem alternativas para melhorar a precisão dos dados de consumo alimentar coletados a partir do R24h. Independente de se analisar um único recordatório ou mais, essa análise está susceptível a erros, os quais podem ser minimizados a partir de abordagem estatística³⁰. Com a finalidade de minimizar esses erros, esse estudo possui o diferencial de ter utilizado várias técnicas de aprimoramento da análise de ingestão alimentar e os dados foram coletados por um único profissional, atuante em cirurgia bariátrica, o qual realizou a revisão dos recordatórios para detecção de erros ou omissões; todos os recordatórios foram codificados e suas medidas foram padronizadas; foi utilizado software de análise estruturado para pesquisas científicas, composto por duas tabelas de referência na área de composição dos alimentos.

CONCLUSÃO

Observa-se que durante o primeiro ano de pós-operatório de BGYR os pacientes apresentam melhora glicêmica pós-operatória, bem como apresentam mudança na quantidade e na qualidade da ingestão alimentar, sendo o consumo de alimentos que contribuem para o controle glicêmico mais prevalente até o sexto mês de pós-operatório. No pós-operatório de um ano a dieta sofre alteração, apresentando tendência ao padrão alimentar do pré-operatório.

REFERÊNCIAS

1. NDISANG JF. Role of heme oxygenase in inflammation, insulin-signalling, diabetes and obesity. *Mediators Inflamm*, 2010;2010. DOI: 10.1155/2010/35973

2. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Obesity and overweight. Factors about obesity and overweight. 2014. Available at:
<<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>>. Accessed in: 20 nov. 2014.
3. SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES (SBD). Conduta Terapêutica no Diabetes tipo 2: Algoritmo SBD 2014. Posicionamento oficial SBD nº 01/2014, 2014. Available at: <http://www.nutritotal.com.br/diretrizes/files/349--CondutaTerapeuticaDM_SBD2014.pdf>. Accessed in: 15 fev. 2015.
4. AMERICAN DIABETES ASSOCIATION (ADA). Standards of medical care in diabetes. *Diab. Care*, 2014;37(1):14-80. DOI:10.2337/dc14-S014.
5. AMERICAN DIABETES ASSOCIATION (ADA). Standards of medical care in diabetes. *Diab. Care*, 2016;39(1):1-109. DOI:10.2337/dc16-S001.
6. AMERICAN ASSOCIATION OF DIABETES EDUCATORS (AADE). Guidelines for the practice self-management education and training. *Diabetes Educator*, 2009;35(3):85-107. DOI: 10.1177/0145721709352436.
7. AVIGNON A, HOKAYEM M, BISBAL C, LAMBERT K. Dietary antioxidants: Do they have a role to play in the ongoing fight against abnormal glucose metabolism? *Nutrition*, 2016;28(8):715-21. DOI: 10.1016/j.nut.2012.01.001.
8. WIJESEKARA N, CHIMIANTI F, WHEELER MB. Zinc, a regulator of islet function and glucose homeostasis. *Obes. Metab.*, 2009;11(4): 202-214. DOI: 10.1111/j.1463-1326.2009.01110. x.
9. ROCHA JCG. Deficiência de vitamina B12 no pós-operatório de cirurgia bariátrica. *Int. J. Nutrol.*, 2012;5(2):82-89. DOI: 10.22565/ijn.v5i2.70.
10. MATHES CM, SPECTOR AC. Food selection and taste changes in humans after Roux-en-Y gastric bypass surgery: A direct-measures approach. *Physiology & Behavior*, 2012;107: 476-83. DOI: 10.1016/j.physbeh.2012.02.013
11. SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES (SBD). Conduta Terapêutica no Diabetes tipo 2: Algoritmo SBD 2014. Posicionamento oficial SBD nº 01/2014, 2014. Available at: <http://www.nutritotal.com.br/diretrizes/files/349--CondutaTerapeuticaDM_SBD2014.pdf>. Accessed in: 15 fev. 2015.
12. AMERICAN DIABETES ASSOCIATION (ADA). Standards of medical care in diabetes. *Diab. Care*, 2015;38(1):1-90. DOI:10.2337/dc15-S003.
13. CASELLA G, BERGER RL. Statistical inference. Pacific Grove, CA: Duxbury, 2002.

14. ZHANG P, ZHANG X, BROWN J, VISTISEN D, SINCREE R, SHAW J. et al. Global healthcare expenditure on diabetes for 2010 and 2030. *Diabetes Res. Clin. Pract.*,2011;92: 293-301.DOI: 10.1016/j.diabres.2010.01.026.
15. HOFSTØD, JENSSEN T, HAGER H, RØISLIEN J, HJELMESAETH J. Fasting plasma glucose in the screening for type 2 diabetes in morbidly obese subjects. *Obes. Surg.*,2010;20: 302-7.DOI: 10.1007/s11695-009-0022-5.
16. MINGRONE G, PANUNZI S, GAETANO A, GUIDONE C. IACONELLI A, LECCESSE L et al. Bariatric Surgery versus Conventional Medical Therapy for type 2 diabetes. *N. Engl. J. Med.*,2012;366: 1577-85.DOI: 10.1056/NEJMoa1200111.
17. SURGICAL REVIEW CORPORATION (SRC). Bariatric Surgery Center of Excellence Program. 2009. Available at: <<http://www.surgicalreview.org>>. Accessed in: 08 fev. 2016.
18. SARWER DB, WADDEN TA, MOORE RH, BAKER AW, GIBBONS LM, RAPER SE et al. Preoperative eating behavior, postoperative dietary adherence, and weight loss after gastric bypass surgery. *Surg. Obes. Relat. Dis.*,2008;4(5): 4640-46.DOI: 10.1016/j.soard.2008.04.013.
19. MUNZBERG H, LAQUEA, YU S, REZAI-ZADEH K, BERTHOUD HR. Appetite and body weight regulation after bariatric surgery. *Obes. Rev.*,2015;16(1):77-90. DOI: 10.1111/obr.12258.
20. YE J, HAO Z, MUMPHREY MB, TOWNSEND RL, PATTERSON LM, STYLOPOULOS N et al. GLP-1 receptor signaling is not required for reduced body weight after RYGB in rodents. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*,2014;306(5):352-62. DOI: 10.1152/ajpregu.0049.
21. ZHENG H, SHIN AC, LENARD NR, TOWNSEND RL, PATTERSON LM, SIGALET DL et al. Meal patterns, satiety, and food choice in a rat model of Roux-en-Y gastric bypass surgery. *Am. J. Physiol. Integr. Comp. Physiol.*,2009;297:1273-1282. DOI: 10.1152/ajpregu.00343.2009.
22. ROUX CW, BUETER CW, THEIS N, WERLING M, ASHRAFIAN H, LOWENSTEIN C et al. Gastric bypass reduces fat intake and preference. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*,2011;301:1057-1066. DOI: 10.1152/ajpregu.00139.
23. CRUZ KJ, DE OLIVEIRA AR, PINTO DP, MORAIS JB, LIMA FDA S, COLLI C et al. Influence of magnesium on insulin resistance in obese women. *Biol. Trace Elem. Res.*,2014;160(3):305-310. DOI: 10.1007/s12011-014-0044-2.

24. MOIZÉ VL, PI-SUNYER X, MOCHARI H, VIDAL J. Nutritional pyramid for post-gastric bypass patients. *Obes. Surg.*,2010;20(8):1133-41. DOI: 10.1007/s11695-010-0160-9.
25. FANDIÑO J, BENCHIMOL AK, COUTINHO WF, APPOLINÁRIO JC. Cirurgia bariátrica: aspectos clínico-cirúrgicos e psiquiátricos. *Rev. Psiquiatr*,2004;26(1): 47-51. DOI: 10.1590/S0101-81082004000100007.
26. FARIAS G, THIENE RD, TEIXEIRA, LM, HEYDEME, BETTINI SC, RADOMINSKI RB. Good weight loss responders and poor weight loss responders after Roux-en-Y gastric bypass: clinical and nutritional profiles. *Nutr Hosp*,2016;33(5):1108-1115. DOI: 10.20960/nh.574.
27. MENEGOTTO ALS, CRUZ MRR, SOARES FL, NUNES MGJ, BRANCO-FILHO AJ. Avaliação da frequência em consultas nutricionais dos pacientes após cirurgia bariátrica. *Arq. Bras. Cir. Dig.*,2013;26(2): 117-19. DOI: 10.1590/S0102-67202013000200009.
28. SILVA MM, SALA PC, TORRINHAS RS, WAITZBERG DL. Efficiency of the 24-hour food recall instrument for assessing nutrient intake before and after Roux-en-Y gastric bypass. *Nutr. Hosp.*,2014;30(6):1240-7. DOI: 10.3305/nh.2014.30.6.7828.
29. MARTINS C. Avaliação do estado nutricional e diagnóstico. 1. ed. Nutroclínica, 2008.
30. ROSSATO LS, FUCHS SC. Manejo de erros aleatórios e vieses em métodos de avaliação de dieta de curto período. *Rev. Saúde Pública*,2014;48(5):845-850, 2014. DOI: 10.1590/S0034-8910.2014048005154.

4.2 ARTIGO 2

Predictors of success in bariatric surgery: the role of BMI and preoperative comorbidities

OBES SURG

<https://doi.org/10.1007/s11695-017-3011-0>

ORIGINAL CONTRIBUTIONS

Title: Predictors of success in bariatric surgery: the role of BMI and preoperative comorbidities

Short Title: Predictors of success in bariatric surgery

Authors: Magda Rosa Ramos da Cruz^{1,2,5}, Alcides José Branco-Filho², Marília Rizzon Zapparoli³, Nathalia Farinha Wagner⁴, Antônio Carlos Ligoeki Campos⁵, José Simão de Paula Pinto⁵, Cesar Augusto Taconeli⁶

1 Pontifical Catholic University of Paraná, Curitiba, Brazil

2 Surgery Department, Cevip-Paraná Laparoscopy Center, Curitiba, Brazil

3 Positivo University, Curitiba, Brazil

4 Nutrition Department, Federal University of Parana, Curitiba, Brazil

5 Clinical Surgery Department, Federal University of Parana, Curitiba, Brazil

6 Department of Statistics, Federal University of Paraná, Curitiba, Brazil

ABSTRACT

Background: This is a retrospective review of 204 patients who underwent bariatric surgery. The impact of weight regain (WR), pre-operative comorbidities and BMI values on the recurrence of comorbidities was evaluated, and an equation was elaborated to estimate BMI at 5 years of bariatric surgery. **Methods:** Pre-operative data, after 1 year and after 5 years, was collected from the medical records. Descriptive analyses and bivariate hypothesis tests were performed first, and then, a generalised linear regression model with Tweedie distribution was adjusted. The hit rate and the Kendall coefficient of concordance (Kendall's W) of the

equation were calculated. At the end, the Mann Whitney test was performed between the BMI, WR and the presence of comorbidities, after a post-operative period of 5 years. **Results:** The adjustment of the model resulted in an equation that estimates the mean value of BMI 5 years after surgery. The hit rate was 82.35% and the value of Kendall's W was 0.85 for the equation. It was found that patients with comorbidities presented a higher median WR (10.13%) and a higher mean BMI (30.09 kg/m²) 5 years after the surgery. **Conclusions:** It is concluded that the equation is useful for estimating the mean BMI at 5 years of surgery and that patients with low pre-operative HDL and folic acid levels, with depression and/or anxiety and a higher BMI, have a higher BMI at 5 years of surgery and higher incidence of comorbid return and dissatisfaction with post-operative results.

Keywords: Bariatric surgery, BMI, Morbid obesity, Comorbidities.

INTRODUCTION

Obesity is defined as an abnormal or excessive accumulation of body fat, which can reach degrees capable of affecting health [1, 2]. The body mass index (BMI), calculated by dividing the weight in kilogramme by height, in metres squared, kg/m², is the most widely used calculation for assessing body adiposity. The criteria for the classification of obesity according to the WHO are the following: obesity grade I—BMI ≥ 30 kg/m² and < 35 kg/m², obesity grade II—BMI ≥ 35 kg/m² and < 40 kg/m² and obesity grade III or severe—BMI ≥ 40 kg/m² [3]. It is known that there is a direct correlation with the increase in BMI and the prevalence of comorbidities, generating a negative impact on life expectancy and public expenditure on health [4].

Among all of the treatments for obesity currently available, bariatric surgery is the one that presents the best results in the loss of excess weight, remission of comorbidities and improvement in the quality of life [5].

There is no definitive definition for surgical success or failure; however, it is suggested that a weight loss of 50% of surplus weight at the time of the surgery may represent surgical success [5]. Other authors suggest that surgical success should be associated with BMI classification, i.e. BMI < 30 kg/m² indicates an excellent result [6, 7].

According to ABESO [1], in addition to achieving the goal of weight loss 1 year after surgery, it is necessary to maintain this for 5 years, since after this period, failure to maintain the weight may occur, and with that, an increase of the BMI. Studies have shown that at least 50% of patients recover the weight lost 2 years after the surgery and that 15% of patients undergoing Roux-en-Y gastric bypass (RYGBP), the most commonly performed bariatric

surgery technique, present weight regain, returning to the obesity range ($\text{BMI} > 30 \text{ kg/m}^2$) or even severe obesity ($\text{BMI} > 40 \text{ kg/m}^2$) between 5 and 10 years post-operatively, compromising the benefits of the surgery [8–10].

Considering the pre-operative data and 1 year of bariatric surgery, the objective of this study was to identify the predictors of weight loss, BMI and presence of comorbidities in the late post-operative period and to elaborate an equation to estimate BMI after 5 years of surgery

MATERIALS AND METHODS

All medical records from the Nutrition Service of a private clinic in Curitiba—PR were used, with only the medical records of those who had other surgical techniques performed other than the RYGBP, or who had no relevant data for the research being excluded, such as the following: necessary blood tests, usual daytime food recall and return 1 year after the surgery. With this, the total number of patients included in the sample was 388, with the necessary data in the preoperative period and 1 year after surgery. For analysis of the data 5 years after the surgery, a sample of 204 patients was obtained, since 61 (15.7%) did not return to the consultation 5 years after the surgery and 123 patients (31.7%) still had not completed the 5 years of the post-operative period.

The data collected in the pre-operative medical charts was gender, date of birth, weight, height, BMI, date of surgery, usual daytime food recall, daily consumption of liquids, weekly consumption of soft drinks and/or alcoholic beverages, weekly frequency of physical activity, presence of comorbidities, family history of obesity (FHO), previous treatments for weight loss (PTWL), time of obesity, laboratory tests (haemoglobin, haematocrit, total protein, albumin, ferritin, vitamin B12, calcium, vitamin D, folic acid, total cholesterol and fractions, triglycerides, zinc, TSH, PTH, glucose, glycated haemoglobin, basal insulin, AST and ALT) and relevant clinical signs (hair loss, bowel function, fatigue, weakness, paraesthesia and food intolerance).

The same information from the pre-operative period was collected 1 year after the surgery, and the percentage of excess weight loss (%EWL) was calculated. Not only height, date of birth, date of surgery, FHO, PTWL and basal insulin were collected (this test, since it was not performed by the patients in the post-operative period) and, after 5 years of the postoperative period, only BMI, weight regain (WR) and presence of comorbidities were collected.

For the development of this study, R software (R CORE TEAM, 2017) software was used, together with the following packages: Car [11] used to perform the likelihood ratio test, Desc Tools [12] for the calculation of Kendall's coefficient of concordance, Boot [13] for the calculation of the interval for the Kendall coefficient of concordance, Mass [14] in order to obtain complementary measurements to fit the models and Tweedie [15] for the adjustment of the Tweedie regression models for the 5-year BMI variable.

This study was conducted with 204 patients, considering the evolution thereof, during the period of 5 years. The analysis consisted of two stages: in the first, descriptive analyses and bivariate hypotheses tests were conducted; and in the second stage, regression models of the BMI variable were adjusted 5 years after the bariatric surgery (5-year BMI). The 5-year BMI variable was modelled using the generalised linear model (GLM) with Tweedie distribution and the dispersion parameter equal to 3.3207 (which resembles the GLM with normal inverse distribution) and identity link function, since the 5-year BMI variable presented strongly asymmetric behaviour [15].

All patients in the study underwent RYGBP surgery by videolaparoscopy. This is a mixed technique, that is restrictive and disabsorptive, where the stomach is separated into two compartments by the use of staplers. The remaining stomach has a volume of 15 to 20 mL and is attached to a segment of the small intestine, while the larger portion of the stomach is out of food traffic.

As a result of this analysis, we obtained a sum formula for estimating the mean BMI, 5 years after the RYGBP, considering the variables that presented statistical significance in the pre-operative period or 1 year post-operatively. The classification of the surgical result according to the BMI was as follows: BMI < 30 kg/m² indicates an excellent result or surgical success, BMI between 30 and 35 kg/m² indicates a good result and BMI > 35 kg/m² indicates failure [6, 7]. Excess weight is related to a higher presence of comorbidities, which influences patients' satisfaction with the results of surgery, so we chose to use this classification. The hit rate and Kendall's coefficient of concordance (Kendall's W) were also calculated [16] with correction for equal values. The objective of this test was to measure the agreement between the values adjusted by the model and the values observed in the sample, to estimate the BMI after 5 years, being considered excellent when the result is higher than 0.8 [17], that is it is considered excellent when the concordance between the result estimated by the equation and the result presented by the sample is greater than 80%.

At the end, a generalised linear regression model with Tweedie distribution was adjusted and the Mann-Whitney test ($p < 0.05$) was also performed to verify the association 5

years after bariatric surgery, among the following factors: BMI, WR and the presence of comorbidities.

This study was approved by the Research Ethics Committee of the Pontifical Catholic University of Paraná (PUCPR) under the opinion number CAEE 13491913.8.0000.0020.

RESULTS

The sample consisted of 204 patients, of whom 185 (90.69%) were female and 19 (9.31%) were male, with a mean age of 38.51 (SD \pm 11.87), mean BMI of 40.64 kg/m² (SD \pm 5.27) pre-operatively and mean BMI of 26.9 kg/m² (SD \pm 3.9) 5 years after the bariatric surgery.

At first, the correlation between the 5-year BMI values and all pre-operative and post-operative covariates was evaluated, 1 year after the surgery. Pearson's correlation was found to be higher, that is a higher linear correlation between the 5-year BMI and 1-year BMI variables (1-year BMI) ($r = 0.79$), followed by 1-year EWL ($r = 0.72$) and pre-operative BMI (pre-BMI) ($r = 0.59$). The higher the pre-BMI and 1-year BMI, the higher the 5-year BMI, and the higher the %EWL after 1 year, the lower the BMI 5 years after the surgery.

Table 1 shows the covariates of the pre-operative values and the values 1 year after the surgery, which were statistically significant ($p < 0.05$), followed by the Pearson correlation, when related to the BMI 5 years after the surgery. For the adjustment of the regression model, all the variables of the pre-operative period and 1 year after surgery comprised the initial model, being analysed one by one, considering the quadratic effect of BMI at 1 year and the EWL. After selecting the variables with statistical significance ($p < 0.05$) when correlated with the BMI 5 years after the surgery, the results of the model are presented in Table 2.

Table 1 - Summary of the Pearson correlation value results between the 5-year BMI and the covariates that presented statistical significance

Covariates	P-value	Pearson Correlation
Pre-operative weight	0.0001	0.39
Pre-operative BMI	0.0001	0.63
Post-operative 1-year weight	0.0001	0.59
Post-operative 1-year BMI	0.0001	0.79
Post-operative 1-year EWL	0.0001	- 0.72
Height	0.00055	- 0.24

Covariates	P-value	Pearson Correlation
Time of pre-operative obesity	0.01163	0.18

Abbreviations: BMI: Body Mass Index; EWL: Excess Weight Loss

Table 2 - Summary of regression model results with BMI 5 years after the surgery

	Estimate	Standard error	CI (95%)	P-value
Intercept	4.7537	1.8682	1.0439; 8.824	0.0117
Low HDL in the pre-operative period	- 1.0424	0.4593	-1.9617; -0.1675	0.0243
Depression/anxiety in the pre-operative period	1.0227	0.3756	0.2996; 1.769	0.0071
Low folic acid in the pre-operative period	- 2.1036	0.9341	-4.0825; -0.3539	0.0254
Pre-operative BMI	0.1363	0.0435	0.0543; 0.2213	0.002
Post-operative 1-year BMI	0.7613	0.0572	0.6488; 0.8731	0

Abbreviations: HDL: high density lipoprotein; BMI: Body Mass Index;

It can be observed that after the 5 years of the postoperative period of the bariatric surgery, the BMI is associated with the following pre-operative variables: levels of HDL and folic acid in the blood, depression and/or anxiety and BMI, and only BMI 1 year after the surgery was associated with the BMI at 5 years.

Based on the results of the model adjustment, considering the values of the other variables to be constant, it can be estimated that the patients with low pre-operative HDL presented, on average, a BMI 5 years after surgery of 1.0424 higher than those with a desirable level of HDL. Patients with pre-operative depression and anxiety had a mean BMI of 1.0227 higher than those who did not present with the condition.

It is estimated that patients with a low level of folic acid in the pre-operative period presented a BMI after 5 years, on average, of 2.1036 higher than those with a normal folic acid level.

Regarding BMI, for each additional unit of BMI in the preoperative period, the BMI 5 years after the surgery was, on average, 0.1363 higher, and for each additional unit of BMI 1 year after surgery, the BMI at 5 years was, on average, 0.7613 higher.

From this data, the expression of the adjusted model to estimate the mean BMI 5 years after the surgery was presented according to the following equation:

Equation to estimate the mean BMI with 5 years of bariatric surgery (5-year BMI) = $4.7537 - (1.0424 \times \text{HDL pre}) + (1.0227 \times \text{depr/anx pre}) - (2.1036 \times \text{fol ac pre}) + (0.1353 \times \text{BMI pre}) + (0.7613 \times \text{1-year BMI})$

For the estimation of the 5-year BMI, the data of the equation should be considered as follows:

- *HDL pre* (HDL in the pre-operative period): equal to 1, if the patient exhibits a desirable pre-operative HDL level and 0, if it is low;
- *Depr/anx* (presence of diagnosed depression and/or anxiety in the pre-operative period): equal to 1 if the patient presents with depression and anxiety in the pre-operative period, and 0 if he/she does not present;
- *Fol ac pre* (serum folic acid level in the pre-operative period) equal to 1 if the patient presents with a normal folic acid level in the pre-operative period, and 0 if it is low;
- *BMI pre* (BMI in the pre-operative period): accepts values of 33 and 67 kg/m²;
- *1-year BMI* (BMI one year after the surgery): accepts values between 19.5 and 48.5 kg/m².

After adjusting the model, the adjusted values for BMI 5 years after the surgery were categorised, according to the WHO standardisation [18], and for classification of surgical success according to Christou et al. [19] and Gumbs et al. [7]. These values were compared with the 5-year BMI variable observed in this sample, following the same categorisation. Table 3 presents the equation hit rate for the estimation of the mean BMI 5 years after the surgery.

From Table 3, it can be seen that 168 (82.35%) of 204 patients had the same diagnosis in the adjusted model, in relation to the observed data. Of the 13 individuals classified as failure in surgery, 7 were categorised incorrectly by the model; of the 48 with BMI classified as good, 21 were categorised incorrectly; and of the 143 that were classified as an excellent

result, only 8 were classified incorrectly. As a way to better evaluate the concordant and non-concordant categories, the Kendall coefficient of concordance was calculated, being considered an excellent result when the value is above 0.8. In this study, the result was equal to 0.85 (95% CI 0.79–0.89), that is the equation was able to reproduce the results of this group of patients.

Table 3 - Hit rate between the 5-year BMI observed and adjusted by the model

Categorised observed BMI			
Categorised adjusted BMI	Excellent (BMI<30)	Good (BMI: 30 - 35)	Surgery failure (BMI>35)
Excellent (BMI<30)	135 (66.17%)	20 (9.8%)	0
Good (BMI: 30 - 35)	8 (3.92%)	27 (13.23%)	7 (3.43%)
Surgery failure (BMI>35)	0	1 (0.49%)	6 (2.94%)

Abbreviations: BMI: Body Mass Index

It was also observed that patients with comorbidities after 5 years of the post-operative period had the highest weight regains, with a mean BMI of 30.09 kg/m², and patients without comorbidities had a mean BMI of 26.86 kg/m², and this result was significant at the 5% level from the Mann-Whitney test ($p < 0.05$). According to the literature used, it is considered surgical failure when the BMI after surgery is greater than 35; however, in this study, it is observed that with BMI above 30, patients already demonstrate dissatisfaction with surgery, indicating that these should be evaluated and monitored due to the risk of failure.

In this study, patients with comorbidities after 5 years had a median WR of 10.13%, while patients without comorbidities had a median WR of 6.73%; this result was significant from the Mann-Whitney test ($p < 0.05$). There was also a statistical significance between the presence of comorbidities, BMI and WR at 5 years, observing that patients with comorbidities presented with the highest weight regain and higher BMI after the surgery.

When the patient's satisfaction with the surgery was evaluated at 5 years post-operatively, the Mann-Whitney test was statistically significant, and patients satisfied with surgery had a median WR of 6.87%, while the patients not satisfied with surgery had a

median WR of 16.51% ($p < 0.05$), that is patients dissatisfied with surgery and with comorbidities had a higher WR and BMI at 5 years post-operatively.

DISCUSSION

BMI is directly related to the development of chronic noncommunicable diseases, and the remission or control of these obesity-related diseases is one of the expected results of bariatric surgery [20–22]. Maintaining BMI within parameters of normality can reduce the level of mortality and increase the quality of life; thus, it becomes so important to identify the factors that can interfere in its values after the surgery [23, 24].

The relationship between the pre-operative BMI and the results of the surgery has been studied by some researchers such as Benoit et al. [25] and Livhits et al. [26] who also identified the pre-operative BMI as a predictive factor for post-operative weight after the bariatric surgery, as well as in this study. Bastos et al. [27] and Still et al. [28] concluded that higher pre-operative BMI values are associated with greater weight loss after the surgery, and Palmisano et al. [10] found that BMI < 50 kg/m² is related to a greater percentage loss of excess weight.

Regarding the BMI 1 year after surgery, it is understood that the individuals who begin the process for surgery with the highest BMI will remain with a slightly higher BMI compared to those who went for surgery with a lower BMI. Likewise, those who achieved a lower BMI at the end of the first year following the surgery will have a greater chance of maintaining a lower BMI in the fifth post-operative year, as the equation presents. In this study, it was observed that patients with higher BMI and lower %EWL with 1 year of surgery presented higher BMI at 5 years post-operatively, and these could be considered predictors for an unsatisfactory result in the late post-operative period.

It should be noted that the BMI below 30 used alone cannot be considered an indicator of surgical failure, but the patient should be evaluated, especially when there is a significant regain of associated weight and return to the comorbidities.

Livhits et al. [26] found in his work that depression is one of the factors that interfere in surgical success, which corroborates with the data found in our study. The incidence of depressive symptoms among bariatric patients is often high and appears elevated in the severely obese population [29]. Karlarchian et al. [29] reported 25.1% weight loss at 6 months after the surgery among patients with mood disorders and 29.5% weight loss in patients without psychological disorders. Individuals with depression have a higher prevalence of unhealthy behaviours such as smoking, physical inactivity and higher consumption of alcohol,

fast food, carbohydrate-rich foods and fatty red meat, helping to increase body weight [30, 31].

In this study, data related to dietary intake, although having been analysed in the pre-operative period and 1 year after the surgery and related to the BMI and WR 5 years after surgery, also did not present statistical significance ($p < 0.05$) in the aforementioned surgical periods. It is emphasised that this is subjective data, that is cited by patients, and, therefore, difficult to analyse, presenting great asymmetry when compared, being considered a limiting factor for the study results.

Blume et al. [32] identified the prevalence of 6.5% of subjects studied with a folic acid deficiency in the pre-operative period of the RYGBP, while Schweiger et al. [33] found 24%. The reduced folate levels were observed in patients with moderate obesity compared with those with mild and severe obesity, and a 15-fold increase in the risk of folic acid deficiency was observed among individuals with BMI $> 50 \text{ kg/m}^2$ [33]. This fact may be associated to the low consumption of vegetables, mainly dark green, in the pre-operative period, as it should be considered in this study.

As for HDL, low rates are observed in obese individuals and are associated with increased cholesterol synthesis and increased risk of cardiovascular disease [34], as well as possibly indicating sedentary lifestyle habits [35]. Patients with low pre-operative HDL levels present with a higher BMI 5 years after the surgery, in the post-operative period, which may be associated with the sedentary lifestyle habits of these patients and a difficulty of change in the post-operative period.

In this study, it was found that patients with comorbidities 5 years after the surgery had a greater weight regain compared to individuals without them and a mean BMI of 30.09 kg/m^2 , which reinforces the importance not only of maintaining weight in the long term but also of a BMI below 30 kg/m^2 as a way to guarantee better metabolic control, not returning to the comorbidity. Di Giorgi et al. [36] made a study showing that 22% of diabetic patients failed to achieve adequate weight loss and the 42 patients (100%) studied had a mean weight regain of 21% of the lost weight, a value considered above that expected [37]. The recurrence of diabetes was related by some researchers with weight regain; however, it is not known whether recurrence occurs due to the weight regain itself or due to increased caloric intake in these patients [38]. In this research, there was a correlation between the presence of comorbidities and weight regain and increase of BMI, but no statistical significance. It was found with the caloric intake presented by the patients in the pre-operative period and 1 year after surgery.

According to the proposal by Odom et al. [37], a result of over 15% is classified as significant weight regain, between 10 and 14.9% is considered acceptable and below 10% is considered as maintenance of lost weight. In this case, patients with no comorbidities could be considered as having maintained the lost weight, with a median WR of 6.73%, and those with comorbidities, who presented a median WR of 10.13%, had an acceptable weight regain. According to Farias et al. [39], some research has confirmed that weight regain 24 months after bariatric surgery is related to decreased remission and increased recurrence of comorbidities, which is in line with the results found in this study.

When we performed the model adjustments and compared the BMI after 5 years of the actual post-operative period and predicted by the equation, we found an excellent hit rate (82.5%) and an excellent Kendall's coefficient of concordance (0.85), confirming the efficacy of the 5-year post-operative mean BMI estimation outlined in this study. The application of this equation to estimate BMI 5 years after the surgery, after 1 year of the post-operative period, can serve as a useful tool for the analysis of the expectations of the results of the surgery, as well as being used to alert patients about the specific characteristics of their own profile and about the lifestyle changes needed to optimise the results of the surgery.

To illustrate, consider a patient with a BMI of 45 kg/m² in the pre-operative period, a low level of HDL and a low level of folic acid pre-operatively, with a diagnosis of depression. With 1 year of surgery, this patient had a BMI of 27 kg/m², which indicates an excellent PEP result at 1 year. Will this weight be maintained at 5 years post-surgery?

By placing these data in the equation, it can be observed that the patient is expected to increase his BMI, reaching the mean value of 32.41 kg/m², as shown below:

$$\text{5-year BMI} = 4.7537 - (1.0424 \times 0.0) + (1.0227 \times 1) - (2.1036 \times 0) + (0.1353 \times 45) + (0.7613 \times 27) = 32.41 \text{ kg / m}^2$$

In this population, BMI above 30 was associated with the presence of comorbidities and dissatisfaction with surgery, and this patient should be alerted with one year of surgery, to increase vegetable consumption, increase physical activity and continuous control of the condition of depression to prevent WR and return of metabolic diseases.

The identification of the preoperative data that influence the outcome after 5 years of surgery is necessary so that the patient can be alerted about the change in habits. Low weight loss, increased BMI, return of comorbidities lead patients to dissatisfaction with the results of surgery, indicating risk of surgical failure.

CONCLUSION

The equation elaborated in this study is considered a good tool to estimate the mean BMI 5 years after the RYGBP, showing a good level of concordance between the results observed in the study and those predicted by the model in this population, which indicates that this may be useful in prediction of the surgical success.

The presence of subjective data and the equation that estimate a mean BMI and not specific BMI for the patient are limiting factors for the results. More studies are needed to verify if this equation can be used by other populations.

It was concluded that low blood levels of HDL and folic acid, depression and/or anxiety and a higher pre-operative BMI are predictors of a higher BMI in the late postoperative period, which is related to the presence of comorbidities and dissatisfaction with the results of the surgery, and therefore, these factors should be considered during the evaluation of the patient.

Acknowledgements

Statistics Departamento, Federal University of Parana.

Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), which participated in the research funding.

Funding Information This research received financial support from the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES).

Compliance with Ethical Standards

AQ2

This study was approved by the Research Ethics Committee of the Pontifical Catholic University of Paraná (PUCPR) under the opinion number CAEE 13491913.8.0000.0020.

Conflict of Interest

The authors declare that they no conflict of interest.

Statement of Informed Consent

The authors declare that there was informed consent and release by the head of the Videolaparoscopy Center of Paraná (Centro de Videolaparoscopia do Paraná – CEVIP).

Statement of Human and Animal Rights

This research conducted with human beings was approved by the Institutional Ethics and Human Research Committee. The research protocol was carried out in accordance with ethical standards established in the 1964 Helsinki Declaration and its subsequent amendments.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. Diretrizes brasileiras de obesidade 2016/ABESO - Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. 4th ed. AC Farmacêutica: Itapevi; 2016.
2. Fandiño J, Benchimol AK, Coutinho WF, et al. Cirurgia bariátrica: aspectos clínico-cirúrgicos e psiquiátricos. *Rev Psiquiatr.* 2004;26(1):47–51. Portuguese. <https://doi.org/10.1590/S0101-81082004000100007>.
3. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a World Health Organization consultation. Geneva: WHO; 2000.
4. Onyewu S, Ogundimu OO, Ortega G, Bauer ES, Emenari CC, Molyneaux ND, et al. Bariatric surgery outcomes in black patients with super morbid obesity: a 1-year postoperative review. *Am J Surg* 2017; 213(1):64–68. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2016.05.010>.
5. Dagan SS, Keidar A, Raziel A, et al. Do bariatric patients follow dietary and lifestyle recommendations during the first postoperative year? *Obes Surg.* 2017; <https://doi.org/10.1007/s11695-017-2633-6>.
6. Novais PFS, Raseira Junior I, Leite CVS, et al. Evolução e classificação do peso corporal em relação aos resultados da cirurgia bariátrica – derivação gástrica em Y de Roux. *Arq Bras Endocrinol Metabl.* 2010;54(3):303–310. Portuguese. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302010000300009>.

7. Gumbs AA, Pomp A, Gagner M. Revisional bariatric surgery for inadequate weight loss. *Obes Surg.* 2007;17(9):1137–45.
8. Magro et al. Long-term weight regain after gastric bypass: a 5-year prospective study. *Obes Surg.* 2008;18(6):648–51. <https://doi.org/10.1007/s11695-007-9265-1>.
9. Cummings DE, Overdium O, Foster-Schubert K. Gastric bypass for obesity: mechanisms of weight loss and diabetes resolution. *J Clin Endocrinol Metab.* 2004;89(6):2608–15.
10. Palmisano Q, Silvestri M, Giuricin M, Baldini E, Albertario S, Capelli P, et al. Preoperative predictive factors of successful weight loss and glycaemic control 1 year after gastric bypass for morbid obesity. 2015;25(11):2040–2046. doi: <https://doi.org/10.1007/s11695-015-1662-2>.
11. Fox J, Weisberg S. *An R companion to applied regression*. 2nd ed. Thousand Oaks: Sage; 2011.
12. Andri S et al. DescTools: Tools for descriptive statistics. R package version 0.99.22. 2017. <https://cran.r-project.org/web/packages/DescTools/DescTools.pdf>.
13. Davison ACM Hinkley DV. *Bootstrap methods and their applications*. Cambridge: Cambridge University Press; 1997.
14. Venables WN, Ripley BD. *Modern applied statistics with S*. 4th ed. New York: Springer; 2002.
15. Dunn PK, Smyth GK. Evaluation of Tweedie exponential dispersion models using Fourier inversion. *Stat Comput.* 2008;18(1):73–86.
16. Kendall MG. *Rank correlation methods*. 1948.
17. Banerjee M, Capozzoli M, McSweeney L, et al. Beyond kappa: a review of interrater agreement measures. *Can J Stat.* 1999;27(1):3–23.
18. WHO, World Health Organization. *Obesity: preventing and managing the global epidemic of obesity*. Report of the WHO Consultation on Obesity, Geneva, 3–5 June, 1997.
19. Christou NV, Look D, Mac Lean LD. Weight gain after short and long limb gastric bypass in patients followed for longer than 10 years. *Ann Surg.* 2006;244(5):734–9. <https://doi.org/10.1097/01.sla.0000217592.04061.d5>.
20. Chughtai M, Khlopas A, Newman JM, et al. What is the impact of body mass index on cardiovascular and musculoskeletal health? *Surg Technol Int.* 2017;30:379–92.

21. Neves JS, Castro Oliveira S, Souteiro P, et al. Effect of weight loss after bariatric surgery on thyroid-stimulating hormone levels in patients with morbid obesity and normal thyroid function. *Obes Surg*. 2017; <https://doi.org/10.1007/s11695-017-2792-5>.
22. Mehoff JH, Mullen MG, Mehoff RL, et al. Type 2 diabetes remission following gastric bypass: does diurem stand the test of time? *Surg Endosc*. 2017;31(2):538–42. <https://doi.org/10.1007/s00464-016-4964-0>.
23. Calle EE, Thun MJ, Petrelli JM, et al. Body-mass index and mortality in a prospective cohort of U.S. adults. *N Engl J Med*. 1999;341(15):1097–105.
24. Patel AV, Hildebrand JS, Gapstur SM. Body mass index and allcause mortality in a large prospective cohort of white and black U.S. adults. *PLoS One*. 2014;9(10):e109153. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109153>.
25. Benoit SC, Hunter TD, Francis DM, et al. Use of bariatric outcomes longitudinal database (BOLD) to study variability in patient success after bariatric surgery. *Obes Surg*. 2014;24(6):936–43. <https://doi.org/10.1007/s11695-014-1197-y>.
26. Livhits M, Mercado C, Yermilov I, et al. Preoperative predictors of weight loss following bariatric surgery: systematic review. *Obes Surg*. 2012;22(1):70–89. <https://doi.org/10.1007/s11695-011-0472-4>.
27. Bastos AA, Pinheiro RCM, Melendez-Araujo MS. Determinantes de sucesso após a cirurgia bariátrica: fatores pré-operatórios que influenciam nos resultados pós-operatórios. *Comun Ciências Saúde*. 2014;25(1):79–92. Portuguese
28. White MA, Kalarchian MA, Levine MD, et al. Prognostic significance of depressive symptoms on weight loss and psychosocial outcomes following gastric bypass surgery: a prospective 24-month follow-up study. *Obes Surg*. 2015;25(10):1909–16. <https://doi.org/10.1007/s11695-015-1631-9>.
29. Kalarchian MA, Marcus MD, Levine MD, et al. Relationship of psychiatric disorders to 6-month outcomes after gastric bypass. *Surg Obes Relat Dis*. 2008;4(4):544–9. <https://doi.org/10.1016/j.soard.2008.03.003>.

30. Barros MBAB, Lima MG, Azevedo RCS, Medine LBP, Lopes CS, Menezes PR, et al. Depressão e comportamentos de saúde em adultos brasileiros – PNS 2013. *Rev Saúde Pública*, 2017; 51(1). Available from: <https://doi.org/10.1590/s1518-8787.2017051000084>.
31. Pomp S, Keller S, Maddock J. Associations of depressive symptoms with health behaviors, stress, and self-assessed health status in Hawai'i: a population study. *Asia Pac J Public Health*. 2012;27(2): 1907–17. <https://doi.org/10.1177/1010539512448523>.
32. Blume CA, Boni CC, Casagrande DS, et al. Nutritional profile of patients before and after Roux-en-Y gastric bypass: 3-year followup. *Obes Surg*. 2012;22(11):1676–85. <https://doi.org/10.1007/s11695-012-0696-y>.
33. Schweiger C, Weiss R, Berry E, et al. Nutritional deficiencies in bariatric surgery candidates. *Obes Surg*. 2010;20(2):193–7. <https://doi.org/10.1007/s11695-009-0008-3>.
34. Carswell KA, Belgaumkar AP, Amiel SA, et al. A systematic review and meta-analysis of the effect of gastric bypass surgery on plasma lipid levels. *Obes Surg*. 2016;26(4):843–55. <https://doi.org/10.1007/s11695-015-1829-x>.
35. Piccolo BD, Keim NL, Fiehn O, et al. Habitual physical activity and plasma metabolomic patterns distinguish individuals with low vs. high weight loss during controlled energy restriction. *J Nutr*. 2015;145(4):681–90. <https://doi.org/10.3945/jn.114.201574>.
36. DiGiorgi M, Rosen DJ, Choi JJ, et al. Re-emergence of diabetes after gastric bypass in patients with mid- to long-term follow-up. *Surg Obes Relat Dis*. 2010;6(3):249–53. <https://doi.org/10.1016/j.soard.2009.09.019>.
37. Odom J, Zalesin KC, Washington TL, et al. Behavioral predictors of weight regain after bariatric surgery. *Obes Surg*. 2010;20(3): 349–56. <https://doi.org/10.1007/s11695-009-9895-6>.
38. Campos JM, Lins DC, Silva LB, et al. Cirurgia metabólica, ganho de peso e recidiva do diabetes. *ABCD, Arq Bras Cir Dig*. 2013;26(1):57–62. Portuguese. <https://doi.org/10.1590/S0102-67202013000600013>.
39. Farias G, Thieme RD, Teixeira LM, et al. Good weight loss responders and poor weight loss responders after Roux-en-Y gastric bypass: clinical and nutritional profiles. *Nutr Hosp*. 2016;33(5): 574. 10.20960/nh.574.

4.3 ARTIGO 3

Use of data mining in the identification of predictive factors of weight loss, BMI and weight regain after Roux-em-Y gastric by-pass

ABSTRACT

Background & aims: Obesity is one of the most prevalent diseases in the world. Weight loss, weight control or remission of comorbidities and improvement in quality of life are expected results after bariatric surgery. Artificial intelligence has contributed to this diagnosis by reducing the risk of errors by crossing vast amounts of information. The aim of this study was to determine the predictive factors of the low Excess Weight Loss (EWL) in the first year after bariatric surgery and of Weight Regain (WR) and Body Mass Index (BMI) in the late post-operative period, through the use of data mining. **Methods:** It is a longitudinal and retrospective study, conducted with 388 patients undergoing bariatric surgery. Data was collected from the pre-operative period and one and five years post-operatively. All covariates were related, considering the response variables: EWL at one year, and WR and BMI five years after the surgery. None of the covariates evaluated for WR reached the set level of significance ($p < 0.05$), such that the initial sample was not partitioned, and consequently did not generate a tree for this variable response. **Results:** According to the results of this study, patients with higher BMI, hypertensive patients and those over 32 years of age, are prone to lower EWL one year after surgery. **Conclusions:** Patients with lower %EWL one year after surgery presented a higher BMI after five years of the post-operative period. It was concluded that data mining was an efficient process in the identification of the predictive variables of EWL in the first year after the surgery, as well as of the long-term BMI.

KEYWORDS: Bariatric surgery; gastric bypass; weight loss, artificial intelligence, data mining.

INTRODUCTION

Obesity is one of the most prevalent diseases in the world, affecting approximately 600 million adult individuals. It is known that the worldwide prevalence of obesity has more than doubled from the 1980s to the present day [1, 2]. The most effective treatment for obesity is bariatric surgery. Weight loss, weight control or remission of comorbidities and the consequent improvement in quality of life are expected post-operative results [3, 4].

After bariatric surgery, surgical success is considered to be a weight loss that reaches at least 50% of the pre-operative weight surplus [5,6]. The Body Mass Index (BMI) can also be used as an indicator of surgical success, i.e., if the BMI is less than 30 kg/m² in the post-operative period, it is considered an excellent surgical result. If the BMI is between 30 and 35 kg/m², it is considered a good result and >35kg/m², unsuccessful or a surgical failure [7, 8, 9, 10].

Health informatics currently has tools that can support the administrative organisation of the consultation [11]. The transition to electronic medical records and the availability of patient data has been associated with an increase in the volume and complexity of the information collected during care. Artificial intelligence has contributed to the differential diagnosis of diseases, by reducing the risk of diagnostic and therapeutic errors [12]. Among the vast array of tools available for computing, data mining stands out in the field of health, which makes it possible to discover new information by crossing the variables present in the database analysed [13].

Advanced health analysis, based on data mining, is considered to have potential in "in silico" research, as well as providing therapeutic recommendations based on empirical data [12].

Studies with data mining in the field of nutrition have been carried out, with promising results aimed at predicting key food groups in dietary recommendations [14], patterns of BMI development in schoolchildren [15], factors associated with weight loss after dietary intervention [16]; as well as studies aimed at identifying the most appropriate data mining technique for the purpose of the study [17, 18].

The purpose of this study is to determine the pre-operative variables predicting the low excess weight loss in the first year after bariatric surgery, and the weight regain and/or high BMI in the late post-operative period, through the use of data mining.

MATERIALS AND METHODS

Data from 388 patient medical records submitted for Roux en-Y Gastric Bypass surgery (GBPYP), by videolaparoscopy, from 2005 to 2015, were used. The data was transcribed from the medical records of the nutrition service of the Paraná Videolaparoscopy Centre (CEVIP), considering the time in relation to the surgery: first consultation in the pre-operative period, one year into the post-operative period and five years into the post-operative period.

For the analysis of five-year post-operative patients, a sample of 204 patients was obtained, since 61 (15.7%) of these patients did not return to the consultation five years after

the surgery and 123 patients (31.7%) still had not completed five years of the post-operative period. Thus, the analysis was performed in two stages. In the first, the excess weight loss (EWL) was analysed in patients one year after the surgery (n=388 patients), in relation to the pre-operative data. In the second stage, all pre-operative variables and variables one year after the surgery, including EWL after one year, were considered as explanatory factors for BMI and weight regain five years after the surgery (n=204 patients).

The following data was collected from the medical records:

1- In the pre-operative period (n=388): gender, date of birth, weight, height, BMI, date of surgery, usual daily dietary recall, daily fluid intake, weekly consumption of soft drinks and alcoholic beverages, weekly frequency of performing physical activity, comorbidities (medical diagnosis of systemic arterial hypertension, diabetes mellitus, hepatic steatosis, sleep apnea, depression and/or anxiety), family history of obesity (FHO), previous treatments for weight loss (PTWL), time of obesity, laboratory tests (haemoglobin, haematocrit, total protein, albumin, ferritin, vitamin B12, calcium, vitamin D, folic acid, total cholesterol and fractions, triglycerides, zinc, TSH, PTH, glucose, glycated haemoglobin, basal insulin, AST and ALT) and relevant clinical signs (hair loss, intestinal function, fatigue, weakness, paresthesia and food intolerance);

2 - In the post-operative period, one year after the surgery (n=388): the same information was collected as in the pre-operative period, except for height, date of birth, date of surgery, FHO, PTWL and basal insulin (this test, since it was not conducted by the patients in the post-operative period). In this period, the %EWL was also calculated, which is the percentage difference of the weight lost in relation to the excess weight, considering the BMI of 24.5 kg/m² to determine the patient's EWL. Pre-operative weight, excess weight and weight at one year after surgery were used for this calculation. %EWL from 50 to 70% in the 12th month was considered satisfactory, and should be maintained after this period [19,20]. Below 50% was considered unsatisfactory and over 70% of EWL was considered excellent, since the ideal would be a loss of 100% of excess weight.

3- In the post-operative period, five years after the surgery (n=204): only weight, height, BMI, minimum weight after surgery and WR were calculated. WR is the difference in weight after five years of the post-operative period, in relation to the lower weight obtained after surgery, in kilogrammes. The percentage of WR is the percentage difference of the weight five years after the surgery, in relation to the lower weight obtained after the surgery. In this study, a result of over 15% was considered as a significant weight regain [21], between 10

and 14.9%, was considered acceptable and below 10% was considered as maintenance of lost weight.

All pre-operative variables were considered explanatory factors for EWL one year after surgery (n=388) and, subsequently, in the second stage of the analysis, all pre-operative variables and one year after surgery (n=204) were considered as explanatory factors for WR and BMI, five years after the surgery.

The application of data mining was carried out in this study, and this technique is based on successive partitions of a sample (and of the sub-samples originated, called nodes), by means of the results of the explanatory variables, seeking the constitution of homogeneous sub-samples, in terms of the values for the response variable. As a result, we have a set of successive partitions of the original sample (and the constituent sub-samples), in addition to the partition rules defined by the covariates. These results can be represented by means of a graph, called a tree, which can be interpreted easily and contemplates exploratory and predictive models. The analysis was based on Conditional Inference Trees, as presented in Hothorn et al. (2006) [22] and implemented in party and partykit packages of the R software.

In this method, partitions are based on statistical tests of sample and sub-sample (nodes) hypotheses. The tests are based on permutation techniques, as described in Strasser and Weber [23]. The trees are obtained based on the following procedure: 1) For a particular node (the original sample, or some constituted sub-sample), the overall null hypothesis of independence between each of the covariates and the response is tested. The node will only not be partitioned if, for the fixed significance level, the null hypothesis is accepted. Otherwise, the covariant most strongly associated with the response is selected for partitioning; 2) A binary partition is implemented (dividing the sample into two sub-samples) based on the covariate selected in the first step; 3) Steps 1) and 2) are recursively repeated for the constituted nodes until no node has any partition that meets the set level of significance. In all applications, $p=0.05$ was considered. The Bonferroni factor was used to correct the level of significance by virtue of the multiple tests performed at each step of the algorithm.

Several data mining tools exist. In this study, we used 'classifiers'. A classifier is a function that labels individuals in a result (for example, obtaining an optimal loss of excess weight one year after the surgery or presenting a significant weight regain five years after the surgery) based on a group of predictive factors (for example: weight, age, gender, food intake, time of obesity). In this study, all the covariates (predictive factors) of the pre-operative period were inserted into the analysis, so that those that help predict the loss of excess weight one year after the surgery could be verified. Subsequently, all covariates from the pre-

operative period and one year after the surgery were analysed, considering the influence on the prediction of WR and of BMI five years after the bariatric surgery.

The decision trees presented are graphic representations where the nodes represent samples and the leaves represent categories; demonstrating the correlation and dependence between the variables.

Two regression trees were obtained from the use of data mining, which were: 1- EWL one year after the surgery, from the pre-operative data and 2- BMI five years after the surgery, from the pre-operative data and one year after the surgery. In the analysis of the weight regain at five years, none of the variables evaluated in the pre-operative period or one year after the surgery reached the level of significance ($p < 0.05$), therefore the initial sample was not partitioned, consequently not generating a tree.

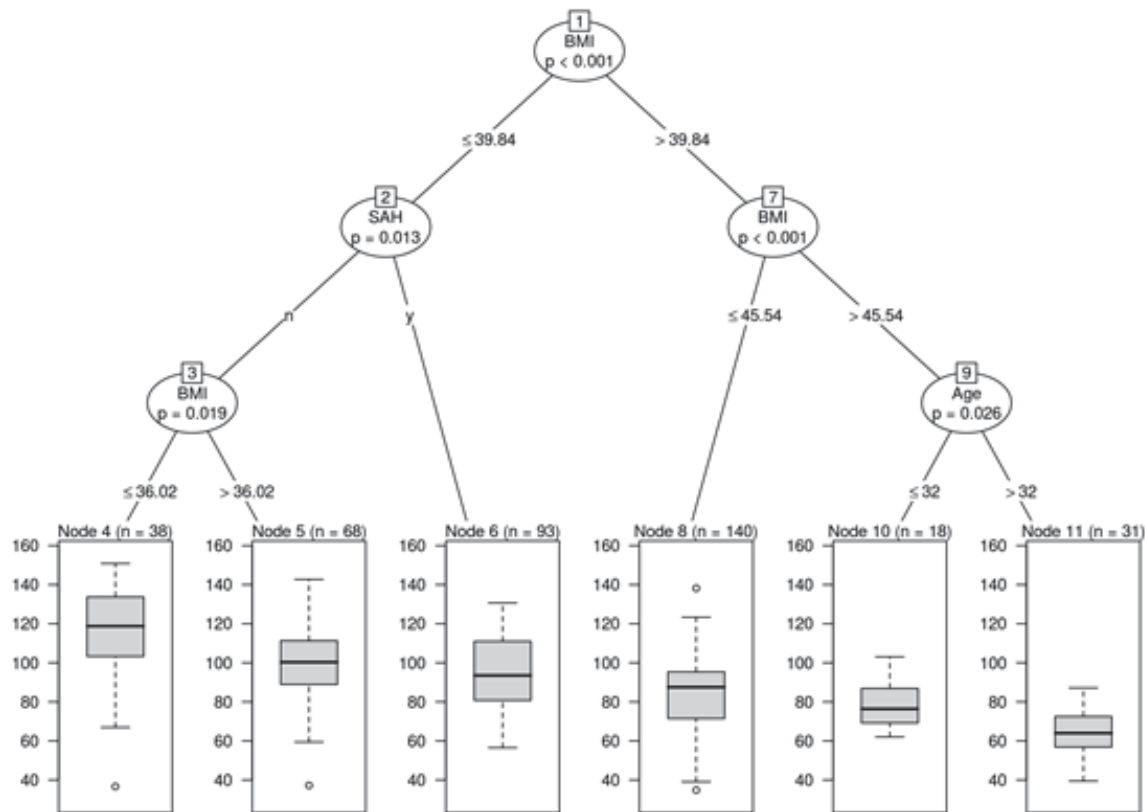
This study was approved by the Research Ethics Committee of the Pontifical Catholic University of Paraná (PUCPR) under the opinion number CAEE 13491913.8.0000.0020.

RESULTS

The initial sample consisted of 388 patients, of which 351 (90.46%) were female and 37 (9.53%) were male, with a mean age of 40.6 years and a standard deviation (SD) of 11.71 ($SD \pm 11.71$) and mean BMI of 40.55 kg/m^2 ($SD \pm 5$). For the 5-year post-operative BMI analysis, the pre-operative sample consisted of 204 patients, of whom 185 (90.69%) were females and 19 (9.31%) were males, with a mean age of 38.51 ($SD \pm 11.87$) and mean BMI of 40.64 kg/m^2 ($SD \pm 5.27$).

Prediction of %EWL one year after bariatric surgery, based on the pre-operative data using Data Mining

Figure 1 shows the regression tree adjusted for the %EWL data in the first post-operative year after bariatric surgery, in relation to the covariates (predictive factors) collected in the pre-operative period ($n=388$). In this first analysis, the BMI variable was incorporated into the original scale without any categorisation or transformation. The tree was composed of five partitions and, consequently, we obtained six final groups (nodes), each composed of a group of patients, determined by a set of rules based on the results of the covariates that make up the tree.

Figure 1: Regression tree for the percentage of excess weight loss

Abbreviations: BMI, Body Mass Index; SAH, Systemic Arterial Hypertension.

It should be noted that the BMI is responsible for three partitions, one of which is the first one. This shows the strong relationship between pre-operative BMI (pre-BMI) and %EWL. In addition to the pre-BMI, two other explanatory variables provided partitions, indicating a statistically significant association with the response variable (EWL): Systemic Arterial Hypertension (SAH) and patient age. The boxplots under the tree represent the distribution of %EWL values for each end node constituted. In addition, it is possible to observe the numbers of patients that compose each end node. For a better evaluation of the tree obtained, Table 1 presents some descriptions of the nodes (groups) that compose the tree and the characterisation of the six end nodes produced by the regression tree.

Table 1: Summary of the end nodes of the regression tree for %EWL

Node	Description	Mean	SD
4	Patients without hypertension and BMI ≤ 36.02	116	23
5	Patients without hypertension and BMI between 36.02 and 39.84	100	19
6	Patients with hypertension and BMI ≤ 39.84	95	19

Node	Description	Mean	SD
8	Patients with BMI >39.84 and BMI ≤45.54	85	18
10	Patients with BMI >45.54 and age <32 years	79	13
11	Patients with BMI >45.54 and age >32 years	64	13

BMI, Body Mass Index; SD, standard deviation.

Patients with the highest percentage of %EWL make up nodes 4 (Mean: 116%, SD: 23%) and 5 (Mean: 100%, SD: 19%). The two groups are composed of non-hypertensive patients, which shows that the absence of hypertension is a factor favouring greater weight loss. What differentiates the two groups is the BMI in the first evaluation, with the patients in node 4, having a BMI lower than 36.02, presenting, on average, higher %EWL than those with a higher BMI (between 36.02 and 39.84). This data suggests that the presence of SAH in the pre-operative period is one of the determinants of EWL one year after the surgery, followed by BMI.

Patients that compose node 6 (Mean: 95%, SD: 19%) present, on average, lower %EWL when compared to those that form nodes 4 and 5. These patients also have a BMI lower than 39.84, but they differ because they are hypertensive.

In nodes 10 and 11, the patients presented, on average, lower %EWL. Node 11, in particular, presents a lower average %EWL value in relation to all the other nodes (Mean: 64%, SD: 13%), being composed of patients with a BMI over 45.54 and over 32 years of age. Compared to this node, node 10 presents more satisfactory results regarding EWL (Mean: 79%, SD: 13%), indicating that younger age is a protective factor for patients with a high BMI.

Node 8 contains patients with BMI in the range of 39.84 to 45.54, presenting intermediate results regarding EWL (Mean: 85%, SD: 18%).

The coefficient of determination for this tree was $R^2=0.32148$. This result indicates that there is a considerable amount of variation in the data not explained by the model. These may include: genetic factors, laboratory tests not considered, food or life habits not mentioned by the patient, among others.

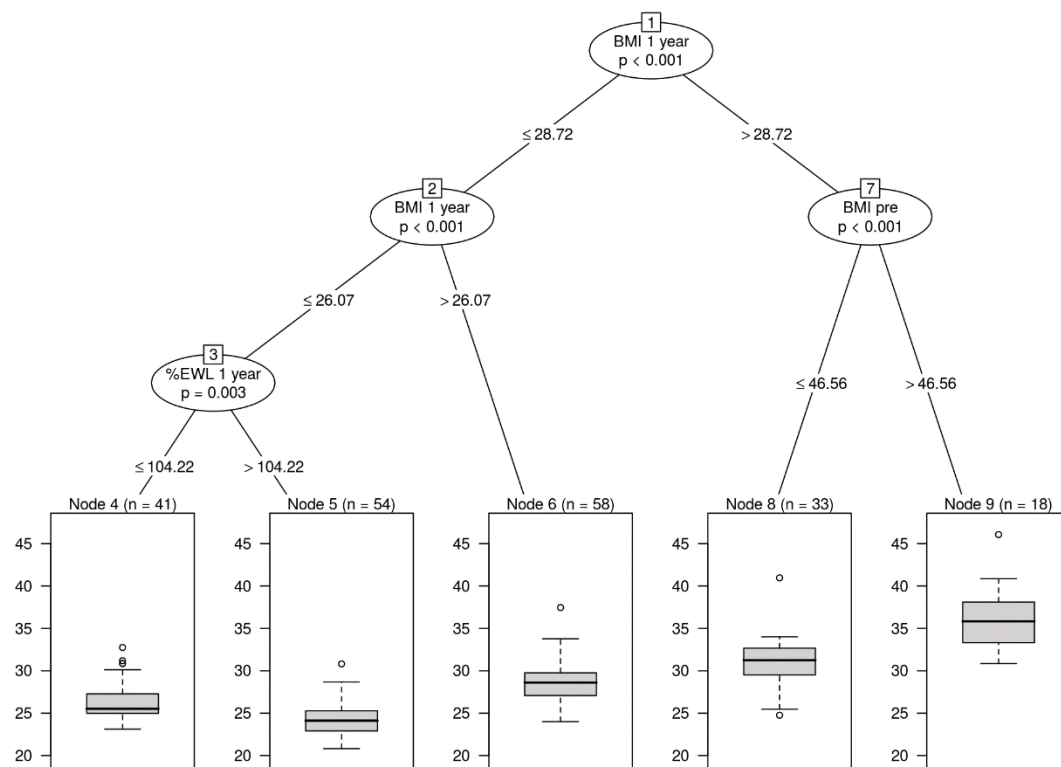
Through this analysis, it was concluded that the pre-operative BMI, and the presence of hypertension and age, are factors associated with EWL in the first post-operative year. Patients with a higher BMI, hypertensive patients and those older than 32 years, are prone to lower weight loss, the BMI and the presence of hypertension being the factors that most influence this weight loss.

It is also worth noting that food intake, laboratory data, FHO and PTWL did not appear in the EWL regression tree, i.e., they are not factors directly associated with weight loss in the post-operative period, when considered $p < 0.05$.

Prediction of BMI five years after the bariatric surgery, considering the pre-operative data and the one-year post-operative data using data mining

Figure 2 presents the regression tree adjusted for the BMI data five post-operative years after the bariatric surgery. It can be seen that BMI five years after the surgery is strongly associated with the BMI assessed in the pre-operative period, BMI one year after the surgery and %EWL one year after the surgery.

Figure 2- Regression tree for BMI with 5 years postoperative of bariatric surgery



Abbreviations: BMI, Body Mass Index; %EWL, percentage of excess weight loss.

The boxplots under the tree represent the distribution of BMI values for each end node constituted. For a better evaluation of the tree obtained, see Table 2 below, which presents some descriptions of the nodes that compose the tree.

Table 2: Summary of the end nodes of the regression tree for BMI five years after the bariatric surgery

Node	Description	Mean	SD
4	BMI ≤ 26.07 and EWL ≤ 104.22 , one year after the surgery	26	2
5	BMI > 26.07 and EWL > 104.22 , one year after the surgery	24	2
6	BMI between 26.07 and 28.72, one year after the surgery	29	2
8	BMI > 28.72 , one year after the surgery and BMI in the pre-operative period ≤ 46.56	31	3
9	BMI > 28.72 , one year after the surgery and BMI > 46.56	36	4

BMI, Body Mass Index; EWL, Excess Weight Loss.

The group with the lowest BMI after the five-year post-operative period (node 4) was composed of patients with BMI in the first year after the surgery less than or equal to 26.07 and %EWL > 104.2 . In general, it is noted that BMI at five years is lower for patients with lower BMI in the pre-operative period and one year after the surgery. In addition, %EWL appears to be associated with BMI at five years, particularly for patients with BMI less than 26.07 in the first post-operative year. This indicates that patients with lower BMI and greater %EWL one year after the surgery have a higher BMI five years after the bariatric surgery.

DISCUSSION

In accordance with the results of this study, patients with higher BMI, hypertensive patients and those over 32 years of age, are prone to lower weight loss one year after the surgery. Studies have shown that pre-operative characteristics such as higher BMI and advanced age are predictive factors of lower weight loss [24, 25], corroborating with the results found in this study.

The study by Ochner et al. [26], when studying the influence of pre-operative BMI on weight loss at 12 and 36 months post-operatively, showed that up to the end of the first post-operative year, the BMI prior to surgery did not influence weight loss 12 months after the surgery, which differs from this study. However, the results found at 36 months after the surgery corroborate with the results found, i.e., after the first year of the post-operative period, patients with a lower pre-operative BMI continued to lose weight significantly, whereas patients with a higher BMI in the pre-operative period presented a regain of weight rather than losing it. Another study, when evaluating the influence of obstructive sleep apnea syndrome

and other pre-operative variables on post-operative weight loss, concluded that individuals with a BMI and waist circumference with higher values, older age, the presence of diabetes mellitus and arterial hypertension, presented a weight loss of less than 50% of the excess weight [27].

The identification of the percentage of early weight loss (%WL) is fundamental to the prediction of weight loss throughout the post-operative years. Approximately 4 out of 5 patients who do not exhibit intense weight loss in the first post-operative months will not reach a %WL greater than 20%. The %WL, as well as the speed of the weight loss, influenced the %WL two years after the surgery. Thus, it is suggested that the weight loss and its speed contribute to weight loss prediction during the late post-operative period [28]. Patients with greater weight loss, will consequently present greater loss of excess weight, therefore this fact is in concordance with the results of this study, since patients with a lower %EWL after one year of the post-operative period presented higher BMI at five years post-operatively. It can be affirmed that EWL, besides being an indicator of success in weight loss in the immediate post-operative period, can be considered a predictor of BMI five years after the surgery, aiding in the prediction of late post-operative weight development.

In this study, patients who had a higher BMI, and consequently lower weight loss, were hypertensive patients with a higher BMI in the pre-operative period. Scientific evidence shows that BMI is directly related to the development of cardiovascular diseases such as systemic arterial hypertension. The higher the BMI, the greater the risk of developing cardiovascular complications [29].

Cardiovascular diseases, the major diseases associated with obesity, represented mainly by SAH, are the leading cause of mortality worldwide. However, the mechanisms that explain the association between obesity and SAH continue to be studied and clarified. It is known that one of the contributing factors for the development of SAH is lipid imbalance, with accumulation of very low density lipoproteins in the intima layer of the blood vessels. Excessive intake of carbohydrates and alcohol, as well as a sedentary lifestyle, smoking and inflammatory processes are responsible for the development of atherosclerosis and hypertension [30, 31].

It is important to emphasise that more and more studies have associated a lower post-operative weight loss with pre-operative age. This predictive variable has been studied not only in the GBPYP technique, but in other surgical techniques such as Sleeve Gastrectomy. A study conducted with 50 patients submitted to the GBPYP showed that the patients who had the greatest weight loss in the post-operative period were the youngest, i.e., they were

younger than 35 years old [5]. Recently, another study, now with patients submitted to Sleeve Gastrectomy, concluded after monitoring 55 patients that age can be considered a determinant factor in weight loss, since patients over 40 years of age presented lower weight loss [32]. This association of age with lower weight loss can be explained by several reasons. Over the years, total energy expenditure is reduced, i.e., men have a 5% reduction in the basal metabolic rate every decade, while women show a reduction of 3% per decade. In addition, energy expenditure during physical activity also reduces - there is a reduction of 7.5% and 6% per decade for men and women, respectively [33, 34]. Another associated factor is the oxidation of macronutrients, especially fats. The study conducted by Solomon et al. [6] observed that there is no difference in carbohydrate oxidation over the years, however, there is a reduction of fat oxidation in older individuals.

Computer technology has been widely used in medicine. Vast amounts of information or data is generated and digitised every day. In this context, data mining is being used in the exploitation of textual information. The incorporation of data mining tools enables the manipulation, analysis and visualisation of large databases. Unlike traditional statistical approaches, such as multiple regression, data mining allows multiple non-linear relationships and interaction effects to be captured effectively [35, 36].

The identification of patterns associated with EWL one year after the surgery, as well as with WR and BMI five years after bariatric surgery, was conducted using data mining. For this, a regression tree algorithm based on conditional hypothesis tests was applied. As an advantage, it is possible to evaluate the statistical significance of associations resulting from the models obtained, which gives the technique not only an exploratory character but also a confirmatory one. The use of regression trees and inferential conditional trees, among other data mining procedures, are important for the analysis of several problems in the field of health. It is also worth noting that the extraction model, as well as the need to use additional resources, requires statistical analysis [37], as conducted in this study.

CONCLUSION

This data mining study suggests that patients with a higher BMI, who are older than 32 years of age and who are hypertensive in the pre-operative period, are less susceptible to weight loss one year after the surgery. In addition, it was observed that patients with lower %EWL one year after the surgery presented higher BMI five years after the surgery, which indicates a greater risk of loss of surgical results and a return to the previous comorbidities.

Thus, it can be concluded that the %EWL one year after bariatric surgery, as well as BMI in the pre-operative period and one year after the surgery, are good predictors of BMI five years into the post-operative period.

It is worth mentioning that the use of data mining as a method for the discovery of knowledge within the field of health is an efficient process, since it can identify the variables and their correlations, aiding in the diagnosis prediction process in the long term.

REFERENCES

1. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*. 2014;384:766–81. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)60460-8.
2. Neves JS, Castro Oliveira S, Souteiro P, Pedro J, Magalhães D, Guerreiro V et al. Effect of Weight Loss after Bariatric Surgery on Thyroid-Stimulating Hormone Levels in Patients with Morbid Obesity and Normal Thyroid Function. *Obes Surg*. 2017. DOI: 10.1007/s11695-017-2792-5.
3. Mehaffey JH, Mullen MG, Mehaffey RL, Turrentine FE, Malin SK, Kirby JL et al. Type 2 diabetes remission following gastric bypass: does diarem stand the test of time? *Surg. Endosc*. 2017;31:538-42. DOI: 10.1007/s00464-016-4964-0.
4. Sjostrom L, Peltonen M, Jacobson P, Ahlin S, Andersson-Assarsson J, Anveden A et al. Association of bariatric surgery with long-term remission of type 2 diabetes and with microvascular and macrovascular complications. *J. Am. Med. Assoc*. 2014;311:2297-2304. DOI: 10.1001/jama.2014.5988.
5. Bobbioni-Harsch E, Huber O, Morel P, Chassot G, Lehmann T, Volery M et al. Factors influencing energy intake and body weight loss after gastric bypass. *Eur J Clin Nutr*. 2002;56: 551-556. DOI: 10.1038/sj.ejcn.1601357.
6. Solomon TP, Marchetti CM, Krishnan RK, Gonzales F, Kirwan JP. Effects of aging on basal fat oxidation in obese humans. *Metabolism*. 2008;57:1141–7. DOI: 10.1016/j.metabol.2008.03.021.
7. Silver HJ, Torquati A, Jensen GL, Richards WO. Weight, dietary and physical exercises behaviors two years after gastric bypass. *Obes Surg*. 2006;16:859-64. DOI: 10.1381/096089206777822296.
8. Gumbs AA, Pomp A, Gagner M. Revisional bariatric surgery for inadequate weight loss. *Obes Surg*. 2007;17:1137-45.

9. Christou NV, Look D, Maclean L. Weight gain after short and long-limb gastric bypass in patients followed for longer than 10 years. *Ann Surg*, 2006 ;244:734-40. DOI: 10.1097/01.sla.0000217592.04061.d5.
10. Novais PFS, Junior IR, Leite CVS, Oliveira MRM de. Evolução e classificação do peso corporal em relação aos resultados da cirurgia bariátrica - derivação gástrica em Y de Roux. *Arq Bras Endocrinol Metab*. 2010;54:303-10. DOI: 10.1590/S0004-27302010000300009.
11. Wechsler R, Ancao SM, Campos CJR de, Sigulem D. A informática no consultório médico. *J. Pediatr*. 2003;79:S3-S12. DOI: 10.1590/S0021-75572003000700002.
12. Dilsizian SE, Siegel EL. Artificial intelligence in medicine and cardiac imaging: harnessing big data and advanced computing to provide personalized medical diagnosis and treatment. *Curr Cardiol Rep*. 2014;16:441. DOI: 10.1007/s11886-013-0441-8.
13. Milovic B, Milovic M. Prediction and decision making in health care using data mining. *Arabian Journal of Business and Management Review*. 2012;1: 126-36. DOI: 10.11591/ijphs.v1i2.1380.
14. Giabbanelli PJ, Adams J. Identifying small groups of foods that can predict achievement of key dietary recommendations: data mining of the UK National Diet and Nutrition Survey, 2008-12. *Public Health Nutr*. 2016;19:1543-1551. DOI: 10.1017/s1368980016000185.
15. Agha AHY, Lohrmann DK, Jayawardene WP. Use of data mining to reveal body mass index (BMI): Patterns among Pennsylvania Schoolchildren, Pre-K to grade 12. *J Sch Health*. 2013;86:85-92. DOI: 10.1111/josh.12002.
16. Batterham M, Tapsell L, Charlton KJ, O'Shea J, Thorne R. Using data mining to predict success in a weight loss trial. *J Hum Nutr Diet*. 2017;30:471 – 478. DOI: 10.1111/jhn.12448.
17. Batterham M, Neale E, Martin A, Tapsell L. Data mining: Potential applications in research on nutrition and health. *Nutr Diet*. 2017; 74:3-10. DOI: 10.1111/1747-0080.12337.
18. Partington SN, Papakroni V, Menzies T. Optimizing data collection for public health decisions: a data mining approach. *BMC Public Health*. 2014; 14:593. DOI: 10.1186/1471-2458-14-593.
19. Steffen, R.; Potoczna, N.; Bieri, N.; Fritz, F.H. Successful Multi-Intervention Treatment of Severe Obesity: A 7-year Prospective Study with 96% Follow-up. *Obes. Surg*. 2009;19:3–12, 2009. DOI 10.1007/s11695-008-9675-8

20. Brolin RE. Bariatric surgery and long-term control of morbid obesity. *JAMA*, 2002; 288:2793-6. DOI: 10.1001/jama.289.14.1779-a.
21. Odom J, Zalesin KC, Washington TL, Miller WW, Hakmeh B, Zaremba DL, et al. Behavioral predictors of weight regain after bariatric surgery. *Obes Surg*. 2010; 20: 349-56. DOI: 10.1007/s11695-009-9895-6.
22. Hothorn T, Buehlmann P, Dudoit S, Molinaro A, Van der Laan MJ. Survival Ensembles. *Biostatistics*. 2006;7:355–373. DOI: 10.1093/biostatistics/kxj011.
23. Strasser H, Weber, CH. The asymptotic theory of permutation statistics. *Math. Methods Stat*. 1999; 8:220-250.
24. Still CD, Wood GC, Chu X, Manney C, Strodel W, Petrick A et al. Clinical factors associated with weight loss outcomes after Roux-en-Y gastric bypass surgery. *Obesity*. 2014;22:888–894. DOI: 10.1002/oby.20529.
25. Hatoum IJ, Stein HK, Merrifield BF, Kaplan LM. Capacity for physical activity predicts weight loss after Roux-en-Y gastric bypass. *Obesity*. 2009; 17:92–99. DOI: 10.1038/oby.2008.507.
26. Ochner CN, Jochner MC, Caruso EA, Teixeira J, Xavier Pi-Sunyer F. Effect of Preoperative Body Mass Index on Weight Loss Following Obesity Surgery. *Surg Obes Relat Dis*. 2013;9: 423–427. DOI: 10.1016/j.soard.2012.12.009.
27. De Raaff CA, Coblijn UK, de Vries N, Heymans MW, Van der Berg BT, Van Tets WF et al. Predictive Factors for Insufficient Weight Loss After Bariatric Surgery: Does Obstructive Sleep Apnea Influence Weight Loss? *Obes Surg*. 2016; 26:1048-56. DOI: 10.1007/s11695-015-1830-4.
28. Manning S, Pucci A, Carter NC, Elkalaawy M, Querci G, Magno S et al. Early postoperative weight loss predicts maximal weight loss after sleeve gastrectomy and Roux-en-Y gastric by-pass. *Surg Endosc*. 2015;29:1484–1491. DOI: 10.1007/s00464-014-3829-7.
29. Chughtai M, Khlopas A, Newman JM, Curtis GL, Sodhi N, Ramkumar PN et al. What is the Impact of Body Mass Index on Cardiovascular and Musculoskeletal Health? *Surg Technol Int*. 2017; 30: 379-92.
30. Shu-Zhong J, Wen L, Xue-Feng Z, Hong-Yun R, Yi L. Obesity and hypertension. *Exp Ther Med*. 2016; 12:2395–2399. DOI: 10.3892/etm.2016.3667.
31. Kotsis VT, Stabouli SV, Papamichael CM, Zakopolus NA. Impact of obesity in intima media thickness of carotid arteries. *Obesity*. 2006;14:1708–1715. DOI: 10.1038/oby.2006.196.

32. Aslaner A et al. Relation between weight loss and age after laparoscopic sleeve gastrectomy. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2015; 19:1398-1402.
33. Luhrmann PM, Bender R, Edelmann-Schafer B, Neuhauser-Berthold M Longitudinal changes in energy expenditure in an elderly German population: a 12-year follow-up. *Eur J Clin Nutr*. 2009;63:986–92. DOI: 10.1038/ejcn.2009.1.
34. St-Onge MP, Gallagher D. Body composition changes with aging: The cause or the result of alterations in metabolic rate and macronutrient oxidation? *Nutrition*. 2010;26:152–155. DOI: 10.1016/j.nut.2009.07.004
35. Crutzen R, Giabbanelli P. Using classifiers to identify binge drinkers based on drinking motives. *Subst Use Misuse*. 2014. DOI: 10.3109/10826084.2013.824467.
36. Dierker L, Rose J, Tan X, Li R. Uncovering multiple pathways to substance use: a comparison of methods for identifying population subgroups. *J Prim Prev*. 2010; 31:333–348. DOI: 10.1007/s10935-010-0224-6.
37. Koh HC, Tan G. Data mining applications in healthcare. *J Health Inf Manag*. 2005;19:64-72.

5 CONCLUSÕES

Hábitos alimentares no pré-operatório não são preditores de perda de peso com um ano de cirurgia. Observou-se que a alimentação após a cirurgia é que influenciou na evolução de peso e remissão do diabetes *melito* tipo 2 no primeiro ano de pós-operatório de GBPYP.

Os preditores identificados através de *Data Mining* para PEP com um ano de cirurgia foram: IMC (quanto maior o IMC no pré-operatório, menor a PEP com um ano de cirurgia), idade (quando superior a 32 anos, está associada a menor PEP) e presença de hipertensão arterial sistêmica (pacientes hipertensos no pré-operatório, apresentam menor PEP em relação a não hipertensos). Pacientes com menor %PEP com 1 ano de pós-operatório e maiores IMC no pré-operatório, apresentam maiores IMC com 5 anos de cirurgia.

Níveis sanguíneos de ácido fólico e HDL, maior IMC e quadro de depressão e/ou ansiedade no pré-operatório foram identificados como fatores de risco para o reganho de peso no pós-operatório tardio e estão associados à $IMC > 30 \text{ kg/m}^2$ e presença de comorbidades aos 5 anos de cirurgia bariátrica.

A equação elaborada para estimativa do IMC com 5 anos de *bypass* gástrico em Y de Roux apresentou boa concordância entre os resultados do estudo e os estimados pelo modelo. Com isso, conclui-se que os fatores citados acima são preditores de maior IMC com 5 anos de cirurgia e estão associados ao reganho de peso, devendo serem monitorados durante a avaliação nutricional e clínica desde o período pré-operatório.

REFERÊNCIAS

- AASHEIM, E.T. et al. Vitamin status after bariatric surgery: a randomized study of gastric bypass and duodenal switch. **Am. J. Clin. Nutr.**, v.90, n.1, p.15-22, 2009.
- ACQUAFRESCA, P.A. et al. Early surgical complications after gastric by-pass: a literature review. **ABCD Arq. Bras. Cir. Dig.**, v.28, n.1, p.74-80, 2015.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION (ADA). Classification and diagnosis of diabetes. Sec. 2. In Standards of Medical Care in Diabetes 2017. **Diabetes Care**, v. 40. (Suppl. 1), p. S11–S24, 2017.
- AGGARWAL C. **Data mining: the textbook**. Cham: Springer, 2015.
- AGHA, A.H.Y.; LOHRMANN, D.K.; JAYAWARDENE, W.P. Use of data mining to reveal body mass index (BMI): Patterns among Pennsylvania Schoolchildren, Pre-K to grade 12. **J. Sch. Health**, v.86, n.2, p.85-92, 2013.
- ANDRI, S et al. **DescTools**: tools for descriptive statistics. R package version 0.99.22. 2017. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/DescTools/DescTools.pdf>>. Acesso em: 12 jan.2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA O ESTUDO DA OBESIDADE E DA SÍNDROME METABÓLICA (ABESO). **Diretrizes brasileiras de obesidade 2009/2010**. 2009. Disponível em: <http://www.abeso.org.br/pdf/diretrizes_brasileiras_obesidade_2009_2010_1.pdf>. Acesso em: 20 fev.2014.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Classification and diagnosis of diabetes. Sec. 2. In Standards of Medical Care in Diabetes 2017. **Diabetes Care**, v.40, (Suppl. 1), p.S11–S24, 2017.
- BANERJEE, M. et al. Beyond kappa: a review of interrater agreement measures. **Can. J. Stat.**, v.27, n.1, p.3-23, 1999.
- BASTOS, E.C.L. et al. Fatores determinantes do ganho ponderal no pós-operatório de cirurgia bariátrica. **ABCD Arq. Bras. Cir. Dig.**, v.26, n.1, p. 26-32, 2013.
- BATTERHAM, M.; NEALE, E. MARTIN, A. et al. Data mining: Potential applications in research on nutrition and health. **Nutr. Diet**, v.74, n.1, p.3-10, 2017.
- BATTERHAM, M.; TAPSELL, L.; CHARLTON, K.J. et al. Using data mining to predict success in a weight loss trial. **J. Hum. Nutr. Diet**, v.30, n.4, p.471-478, 2017.

BLOOMBERG, R.D. et al. Nutritional deficiencies following bariatric surgery: what have we learned? **J. Obes. Surg.**, v.15, p.145-154, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução nº 2.131/15, de 13 de janeiro de 2016, dispõe sobre a indicação da cirurgia bariátrica. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 jan. 2016. Disponível em: <http://www.portalmedico.org.br/resolucoes/CFM/2015/2131_2015.pdf>. Acesso em: 08 jun.2016.

_____. Ministério da Saúde. **Total de cirurgias de redução de estômago sobe 542%**. 2009. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/aplicacoes/reportagensEspeciais/default.cfm?pg=dspDetalhes&id_area=124&CO_NOTICIA=10008>. Acesso em: 29 mar. 2016.

BROLIN, R.E. Bariatric surgery and long-term control of morbid obesity. **JAMA**, v.288, p.2793-2796, 2002.

_____. Weight gain after short- and long-limb gastric bypass in patients followed for longer 10 years. **Ann. Surg.**, v.246, n.1, p. 163-164, 2007.

BROLIN, R.L. et al. Weight loss and dietary intake after vertical banded gastroplasty and Roux-en-Y gastric bypass. **Ann. Surg.**, v.220, n.6, p. 782-790, 1994.

BUCHWALD, H.; OIEN, D. M. Metabolic/bariatric surgery worldwide 2011. **Obes. Surg.**, v. 23, n. 4, p. 427-436, 2013.

BULT, M.J.F.; VAN DALEN, T.; MULDER, A.F. Surgical treatment of obesity. **Eur. J. Endocrinol.**, v.158, n.2, p. 135-145, 2008.

CAPELLA, J.F.; CAPELLA, R.F. The weight reduction operation of choice: vertical banded gastroplasty or gastric by-pass? **Amer. J. Surg.**, n.171, p. 74-79, 1996.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). **Overweight and obesity: Adult obesity facts**. 2014. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/obesity/data/adult.html>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

CHRISTOU, N.V.; LOOK, D.; MAC LEAN, L.D. Weight gain after short and long limb gastric bypass in patients followed for longer than 10 years. **Ann. Surg.**, v.244, p. 734-739, 2006.

CRUTZEN, R.; GIABBANELLI, P. Using classifiers to identify binge drinkers based on drinking motives. **Substance Use Misuse**, v.49 volume, p. 110-115, 2014.

DALCANALE, L. et al. Long-term nutritional outcome after gastric by-pass. **Obesity Surgery**, v.20, p.181-187, 2010.

DAVIES, D.J.; BAXTER, J.M.; BAXTER, J.N. Nutritional deficiencies after bariatric surgery. **Obes. Surg.**, v.17, n.9, p.1150-1158, 2007.

DAVISON, A.C.M.; HINKLEY, D.V. **Bootstrap methods and their applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

DEO, R.C. Machine Learning in Medicine. **Circulation**, v.32, p.1920-1930, 2015.

DIERKER, L. et al. Uncovering multiple pathways to substance use: a comparison of methods for identifying population subgroups. **J. Prim. Prev.**, v.31, n.5-6, p. 333-348, 2010.

DILSIZIAN, S.E.; SIEGEL, E.L. Artificial intelligence in medicine and cardiac imaging: harnessing big data and advanced computing to provide personalized medical diagnosis and treatment. **Curr. Cardiol. Rep.**, v.16, n.1, p.441, 2014.

DUNN, P.K.; SMYTH, G.K. Evaluation of Tweedie exponential dispersion models using Fourier inversion. **Stat Comput.**, v.18, n.1, p.73-86, 2008.

DYMEK, M.P. et al. Quality of life after gastric bypass surgery: a cross-sectional study. **Obes. Res.**, v.10, n.11, p.1135-1142, 2002.

ELFAGH, K.; ROSSNER, S. Who succeeds in maintaining weight loss? A conceptual review of factors associated with weight loss maintenance and weight regain. The international Association for the Study of Obesity. **Obesity Reviews**, v.6, p. 67-85, 2005.

FOBI, M.A. Surgical treatment of obesity: a review. **J. Natl. Med. Assoc.**, v.96, n.1, p. 61-75, 2004.

FONTES, R. et al. Reference interval of thyroid stimulating hormone and free thyroxine in a reference population over 60 years old and in very old subjects (over 80 years): comparison to young subjects. **Thyroid Research**, v.6, p.13-20, 2013.

FORCINA, D.V.; ALMEIDA, B.O.; RIBEIRO JUNIOR, M.A.F. Papel da cirurgia bariátrica no controle do diabetes melito tipo II. **Arq. Bras. Cir. Dig.**, v.21, n.3, p.130-132, 2008.

FOX, J.; WEISBERG, S. **An R companion to applied regression**. 2 ed. Thousand Oaks: Sage, 2011.

FUJIOKA, K. Follow-up of nutritional and metabolic problems after bariatric surgery. **Diabetes Care**, v.28, p.481-484, 2005.

GELMAN, A.; HILL, J. Data Analysis using regression and multilevel/hierarchical models. **Journal of Statistical Software**, v.30, n.3, 2009.

GIABBANELLI, P.J.; ADAMS, J. Identifying small groups of foods that can predict achievement of key dietary recommendations: data mining of the UK National Diet and Nutrition Survey, 2008-12. **Public Health Nutr.**, v.19, n.9, p. 1543-1551, 2016.

GUMBS, A.A.; POMP, A.; GAGNER, M. Revisional bariatric surgery for inadequate weight loss. **Obes Surg.**, v.17, n. 9, p.1137-1145, 2007.

HOLICK, M.F. et al. Clinical Practice Guideline: Evaluation, Treatment, and Prevention of Vitamin D Deficiency: an Endocrine Society Clinical Practice Guideline. **J. Clinical Endocrinology & Metabolism**, v.96, n.7, p.1911-1930, 2011.

HOTHORN, T. et al. Survival Ensembles. **Biostatistics**, v.7, p.355-373, 2006.

MONTEIRO JÚNIOR, F... et al. Efeito da perda ponderal induzida pela cirurgia bariátrica sobre a prevalência de síndrome metabólica. **Arq. Bras. Cardiol.**, v. 92, n.6, p.452-456, 2009.

KENDALL, M.G. **Rank correlation methods**. Griffin. Londres. 1948.

KOH, H.C.; TAN, G. Data mining applications in healthcare. **J. Health Inf Manag**, v. 19, n. 2, p. 64-72, 2005.

LEIRO, L.S.; MELENDÉZ, A. Adequação de micronutrientes da dieta de mulheres após um ano de By-pass gástrico. **ABCD Arq. Bras. Cir. Dig.**, v.27, n.1, p. 2-8, 2014.

LOPEZ, P.P.; PATEL, N.A.; KOCHE, L.S. Outpatient complications encountered following Roux-en-Y gastric by-pass. **Med. Clin. North Amer.**, v.91, p.471-483, 2007.

MAGRO, D.O. et al. Long-term weight regain after gastric by-pass: a 5-year prospective study. **Obesity Surgery**, v.18, p.648-651, 2008.

MECHANICK, J.I. et al. American Association of Clinical Endocrinologists, The Obesity Society, and American Society for Metabolic & Bariatric Surgery Medical Guidelines for Clinical Practice for the Perioperative Nutritional, Metabolic, and Nonsurgical Support of the Bariatric Surgery Patient. **Surgery for Obesity and Related Diseases**, v.6, n.1, p. S109-S1084, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1550728908006308>>. Acesso em: 14 jan. 2016.

MILOVIC, B.; MILOVIC, M. Prediction and decision making in health care using data mining. **Arabian Journal of Business and Management Review**, v.1, p.126-136, 2012.

NAVARRO, S.S.A. et al. Diet and lifestyle factors and risk of subtypes of esophageal and gastric cancers: classification tree analysis. **Ann. Epidemiol.**, n.24, p. 50-57, 2014.

NELDER, J.; WEDDERBURN, R. Generalized Linear Models. **Journal of the Royal Statistical Society**, v.135, n.3, p. 370-384, 1972.

NOVAIS, P.F.S. et al. Evolução e classificação do peso corporal em relação aos resultados da cirurgia bariátrica – derivação gástrica em Y de Roux. **Arq. Bras. Endocrinol. Metab.**, v.54, n.3, p.303-310, 2010.

O'BRIEN, P.E.; BROWN, W.; DIXON, J.B. Obesity, weight loss and bariatric surgery. **Med. J. Aust.**, v.183, n.6, p.310-314, 2005.

ODOM, J. et al. Behavioral predictors of weight regain after bariatric surgery. **Obesity Surgery**, v.20, p. 349-356, 2010.

PARTINGTON, S.N.; PAPAKRONI, V.; MENZIES, T. Optimizing data collection for public health decisions: a data mining approach. **BMC Public Health**, v.14, p.593, 2014.

PIRÂMIDE DA SAÚDE. **United States Department of Agriculture (USDA)**. 2005. Disponível em: <<http://www.cnpp.usda.gov/mypyramid>>. Acesso em: 06 jan 2018.

QUILICI, M.T.V. E após a cirurgia bariátrica?. **Revista da Faculdade de Ciências Médica de Sorocaba**, v. 8, n. 3, p. 30-32, 2006.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. 2017. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 14 jun 2017.

RUBIO, M.A.; MORENO, C. Implicaciones nutricionales de la cirugía bariátrica sobre el tracto gastrointestinal. **Rev. Nutr. Hosp.**, v.22, n.2, p. 124-134, 2007.

SANTO, M. A. et al. Weight regain in roux-en-Y gastric bypass late postoperative – gut hormones role. **Surgery for obesity and related diseases**, p. s12-s13, 2015.

SANTO, M. A. et al. Weight regain after gastric bypass: influence of gut hormones. **Obesity surgery**, v.26, n. 5, p. 919-925, 2016.

SHAH, M.; SIMBA, V.; GARG, A. Review: Long term impact of bariatric surgery on body weight, comorbidities, and nutritional status. **J. Clin. Endocrinol. Metab.**, v.91, p. 4223-4231, 2006.

SHANKAR, P.; BOYLAN, M.; SRIRAM, K. Micronutrient deficiencies after bariatric surgery. **Nutrition**, v.26, n.11-12, p.1031-1037, 2010.

SIGNORELL, A. et al. **DescTools**: tools for descriptive statistics. R package version 0.99.22. 2017. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/package=DescTools>>. Acesso em: 20 jun 2017.

SILVER, H.J. et al. Weight, dietary and physical exercises behaviors two years after gastric bypass. **Obesity Surgery**, n.16, p. 859-864, 2006.

SJOSTROM, L. et al. Lifestyle, diabetes, and cardiovascular risk factors 10 years after bariatric surgery. **New Engl J Med.**, v.351, n.26, p. 2683-2693, 2004.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIRURGIA BARIÁTRICA E METABÓLICA (SBCBM). **Cirurgia bariátrica é reconhecida pelo CFM como área de atuação**. 2015a. Disponível em: <<http://www.sbcm.org.br/wordpress/cirurgia-bariatrica-e-reconhecida-pelo-cfm-como-area-de-atuacao/>>. Acesso em: 05 fev. 2015.

_____. **Tratamento cirúrgico**. 2015b. Disponível em: <<http://www.sbcm.org.br/wordpress/tratamento-cirurgico/>>. Acesso em: 05 fev. 2015.

_____. **Número de cirurgias bariátricas no Brasil cresce 7,5% em 2016**. 2017. Disponível em: <https://www.sbcm.org.br/numero-de-cirurgias-bariatricas-no-brasil-cresce-75-em-2016/>. Acesso em: 07 mar.2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES (SBD). **Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes, 2013-2014**. São Paulo: A.C. Farmacêutica, 2014.

STEFFEN, R. et al. Successful multi-intervention treatment of severe obesity: a 7-year prospective study with 96% follow-up. **Obesity Surgery**, v.19, p. 3-12, 2009.

STOKLOSSA, C.J.; ATWAL, S. Nutrition care for patients with weight regain after bariatric surgery. **Gastroenterology Research and Practice**, v. 2013, n. 256145, p. 1-7, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1155/2013/256145>>. Acesso em: 03 ago. 2015.

STRASSER, H.; WEBER, C.H. The asymptotic theory of permutation statistics. **Math. Methods Stat.**, v.8, p.220-250, 1999.

TOLEDO, C.C. Qualidade de vida no pós-operatório tardio de pacientes submetidos à cirurgia bariátrica. **Rev. APS**, v.13, v. 2, p. 202-209, 2010.

VENABLES, W.N.; RIPLEY, B.D. **Modern applied statistics with S**. 4 ed. New York: Springer, 2002.

VIGILÂNCIA DE FATORES DE RISCO E PROTEÇÃO PARA DOENÇAS CRÔNICAS POR INQUÉRITO TELEFÔNICO (VIGITEL). **Excesso de peso e obesidade**. 2013. Disponível: <<http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2014/abril/30/lancamento-Vigitel-28-04-ok.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2014.

VISSCHER, T.L.; SEIDELL, J.C. The public health impact of obesity. **Annu Rev Public Health**, v.22, p. 355-375, 2001.

WAITMAN, J.A.; ARONE, L.J. Obesity surgery: pros and cons. **J. Endocrinol Invest.**, v.25, n.10, p. 925-928, 2002.

WECHSLER, R. et al. A informática no consultório médico. **Jornal de Pediatria**, v.79, p. S3-S12, 2003.

WEISBERG, S. **Applied Linear Regression**. 3 ed. New York: John Wiley and Sons, Inc., 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Consultation on Obesity. **Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO consultation**. Geneva: WHO, 1999. Disponível em: <<https://apps.who.int/infobase/>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

_____. **Obesity and overweight: Facts about obesity and overweight**. 2014. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>>. Acesso em: 30 set. 2015.

XAVIER, H.T. et al. V Diretriz Brasileira sobre Dislipidemias e Prevenção de Aterosclerose. Departamento de Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia, outubro de 2013. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.101, n.4 (supl. 1), p. 1-22, 2013.

ZAKI, M.J.; MEIRA, W. **Data Mining and analysis: fundamental concepts and algorithms**. New York, NY: Cambridge University Press, 2014.

APÊNDICE 1 - RESULTADOS DO AJUSTE DO MODELO DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA ESTIMATIVA DO %PEP COM UM ANO DE CIRURGIA BARIÁTRICA

Para o ajuste do modelo de regressão linear múltipla, foram selecionadas as covariáveis do pré-operatório relacionadas com a PEP com um ano de cirurgia ($p < 0,2$), sendo estas: níveis sanguíneos de glicose, zinco e insulina, quadro de DM2 e hipertensão, estado civil, consumo de frutas, vegetais, doces, refrigerante e alimentos ricos em gordura. Após, estas variáveis foram correlacionadas ($p < 0,05$) e os resultados do modelo são apresentados na TABELA 1 a seguir.

TABELA 1 - RESUMO DOS RESULTADOS DO MODELO RELACIONANDO OS DADOS DO PRÉ-OPERATÓRIO E O %PEP COM UM ANO DE CIRURGIA.

	Estimativa	Erro padrão	IC (95%)	Valor-p
Intercepto	179,0268	10,6329	158,1207; 199,9332	0
Hipertensão x sem hipertensão	-5,6372	1,9882	-9,5465; -1,728	0,0048
Idade	-0,3529	0,0836	-0,5172; -0,1886	0
IMC	-2,088	0,1885	-2,4581; -1,7174	0
Zinco baixo x Zinco alto	20,773	7,8067	5,4236; 36,1224	0,0081
Zinco normal x zinco alto	14,1763	6,505	1,3862; 26,9664	0,0299
Caso valor-p igual a 0, leia-se valor-p < 0,0001				

FONTE: A AUTORA (2017)

Conforme interpretação do modelo, considerando constantes os valores das demais variáveis, pode-se afirmar que pacientes hipertensos no pré-operatório, 1 ano após a cirurgia possuem %PEP em média 5,6372 unidades menor, no valor percentual, do que aqueles que não tinham hipertensão no pré-operatório. Para cada ano de idade a mais do paciente no pré-operatório, há uma diminuição de %PEP em média de 0,3529 no valor percentual.

Estima-se que para cada unidade a mais de IMC do paciente no pré-operatório, há redução de %PEP em média de 2,088 unidades no valor percentual. Quanto ao zinco, estima-se que pacientes com níveis séricos de zinco normais ou baixos no pré-operatório, tem maior %PEP do que aqueles com níveis altos.

Considerando os dados acima, segue equação do modelo:

$$\%PEP = 177,0268 + (20,773 * \text{zinco baixo}) + (14,1763 * \text{zinco normal}) - (5,6372 * \text{hipertensão PEP}) - (0,3529 * \text{idade}) - (2,088 * \text{IMC})$$

Sendo:

- a) Zinco baixo: igual a 1 se o paciente possui baixo nível de zinco, se o paciente apresenta nível sérico alto, igual a 0.
- b) Zinco normal: igual a 1 se o paciente possui nível de zinco normal, se o paciente apresenta nível sérico alto, igual a 0.
- c) Hipertensão: igual a 1 se o paciente for hipertenso no pré-operatório, caso não seja hipertenso, igual a 0.
- d) Idade: deve-se adicionar o valor em anos, no pré-operatório, desde que entre 15 e 68 anos.
- e) IMC: deve-se colocar o valor do IMC do paciente no pré-operatório (aceita valores entre 33 e 69 kg/m²).

Para verificar a efetividade da equação, foram calculadas as taxas de acerto (TABELA 2) e coeficiente de concordância de kendall.

TABELA 2 - TAXA DE ACERTOS DA EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DO %PEP, CONSIDERANDO OS DADOS DO PRÉ-OPERATÓRIO.

PEP ajustado categorizado	PEP observado categorizado		
	Insuficiente	Satisfatório	Ótimo
Insuficiente	1	2	0
Satisfatório	3	12	10
Ótimo	6	51	303

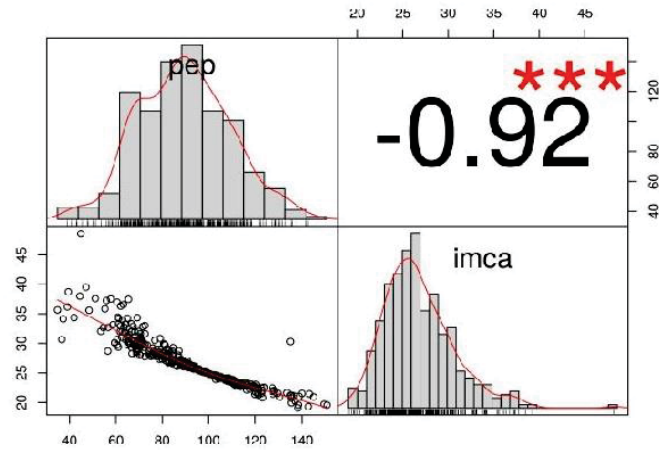
FONTE: A AUTORA (2017)

A partir da tabela acima, foi visto que 316 de 388 (81,44%) pacientes tiveram o mesmo diagnóstico no modelo ajustado em relação aos dados observados. Observa-se também que houve um grande número de erros de classificação na categoria insuficiente (9 de 10) e satisfatório (53 de 65) em relação a categoria ótima (10 de 313).

Para avaliar as categorias concordantes e não concordantes, procedeu-se com o cálculo do coeficiente de concordância de Kendall. O mesmo teve um valor igual a 0,65 (IC 95%: 0,59 – 0,72), com valor $p < 0,00001$ indicando que o coeficiente de concordância é de fato maior que 0.

Após, foi avaliada a correlação entre as variáveis %PEP e IMC com um ano de cirurgia, sendo igual a -0,92 (GRÁFICO 1), o que é considerado como correlação muito forte. Dessa forma, espera-se resultados semelhantes para a variável IMC com um ano de cirurgia, em relação aos resultados da variável %PEP.

GRÁFICO 1 - CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS PEP E IMC COM UM ANO DE CIRURGIA, CONSIDERANDO AS VARIÁVEIS DO PRÉ-OPERATÓRIO.



FONTE: A AUTORA (2017)

APÊNDICE 2 - RESULTADOS DO AJUSTE DO MODELO DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA ESTIMATIVA DO IMC COM UM ANO DE CIRURGIA BARIÁTRICA

Para o ajuste do modelo de regressão linear múltipla, foram selecionadas as variáveis do pré-operatório correlacionadas com o IMC com um ano de cirurgia ($p < 0,2$), sendo estas: níveis sanguíneos de glicose, zinco, LDL e insulina, quadro de DM2e hipertensão, consumo de vegetais, doces e refrigerante, gênero, peso, IMC, idade e tempo de obesidade. Após, estas variáveis foram correlacionadas ($p < 0,05$) e os resultados do modelo são apresentados na TABELA 3.

TABELA 3 - RESUMO DOS RESULTADOS DO MODELO RELACIONANDO OS DADOS DO PRÉ-OPERATÓRIO E O IMC COM UM ANO DE CIRURGIA

	Estimativa	Erro padrão	IC (95%)	Valor-p
Intercepto	2,5896	1,2627	0,1069; 5,0723	0,041
Insulina alta x normal	0,7324	0,3681	0,0087; 1,4561	0,0473
IMC pré	0,5311	0,0286	0,4748; 0,5874	0
Idade	0,0642	0,0121	0,0404; 0,0879	0

Caso valor-p igual a 0, leia-se valor-p < 0,0001

FONTE: A AUTORA (2017)

Conforme interpretação do modelo considerando constantes os valores das demais variáveis pode-se afirmar que pacientes com alto nível de insulina no pré-operatório, um ano após a cirurgia, possuem IMC em média 0,7324 maior do que aqueles com nível normal de insulina. Estima-se que para cada unidade a mais de IMC no pré-operatório, o IMC com um ano de cirurgia, aumenta em média 0,5311. Para cada ano de idade a mais do paciente no pré-operatório, está associado a aumento de IMC com um ano de pós-operatório em média de 0,0642 kg/m².

Na sequência, segue a equação do modelo:

$$\text{IMC 1 ano} = 3,4669 + (0,7834 * \text{insulina}) + (0,5311 * \text{IMC pré}) + (0,0642 * \text{idade})$$

Sendo:

- a) Insulina: igual a 1 se o paciente tinha alto nível de insulina no pré-operatório. Caso nível normal, igual a 0;

b) IMC pré: refere-se ao IMC no pré-operatório e aceita os valores entre 33 e 68 kg/m².

c) Idade: refere-se à idade no pré-operatório e aceita os valores entre 15 e 69 anos.

Após realizar o ajuste do modelo, os valores estimados para a variável IMC com um ano de cirurgia, foram categorizados. Tais valores foram comparados com a variável IMC observada, com a mesma categorização. A TABELA 4 abaixo apresenta a taxa de acertos.

TABELA 4 - TAXA DE ACERTOS DA EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DO IMC COM UM ANO DE PÓS-OPERATÓRIO.

IMC ajustado categorizado	IMC observado categorizado		
	Excelente	Bom	Falha
Excelente (IMC < 30)	303	38	3
Bom (IMC entre 30 e 35)	12	19	8
Falha (IMC > 35)	0	1	4

FONTE: A AUTORA (2017)

Pode-se observar na TABELA 4 que 326 de 388 (84,02%) pacientes tiveram o mesmo diagnóstico no modelo ajustado em relação aos dados observados. Dos 15 indivíduos classificados como falha na cirurgia, 11 indivíduos foram categorizados errado pelo modelo, dos 58 indivíduos com bom IMC com um ano de cirurgia, 39 foram categorizados errado, e dos 315 que foram classificados como excelente, apenas 12 foram classificados errado.

Para avaliar as categorias concordantes e não concordantes, procedeu-se com o cálculo do coeficiente de concordância de Kendall. O mesmo teve um valor igual a 0,75 (IC 95%: 0,69 – 0,81), com valor $p < 0,00001$, indicando que o coeficiente de concordância é de fato maior que 0.

APÊNDICE 3 - RESULTADOS DO AJUSTE DO MODELO DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA ESTIMATIVA PARA ESTIMATIVA DO RP COM 5 ANOS DE CIRURGIA BARIÁTRICA

Para o ajuste do modelo de regressão linear múltipla, foram selecionadas as covariáveis do pré-operatório e com um ano de cirurgia, relacionadas com o RP com 5 anos de cirurgia ($p < 0,2$), sendo estas, no pré-operatório: presença de depressão e/ou ansiedade, níveis sanguíneos de HDL, colesterol total e ácido fólico, gênero, idade, peso, IMC, HMF de obesidade e hipertensão e consumo de leite, frutas, líquidos e bebida alcoólica.

Com um ano de cirurgia, as seguintes variáveis foram selecionadas: presença de depressão e/ou ansiedade, intolerância alimentar, consumo de vegetais e frutas, níveis sanguíneos de ácido fólico e %PEP ($p > 0,2$). Após, estas variáveis foram correlacionadas ($p < 0,05$) e os resultados do modelo são apresentados na TABELA 5.

TABELA 5 - RESUMO DOS RESULTADOS DO MODELO RELACIONANDO OS DADOS DO PRÉ-OPERATÓRIO E COM UM ANO DE CIRURGIA VERSUS RP COM 5 ANOS

	Estimativa	Erro padrão	IC (95%)	Valor-p
Intercepto	1,1371	1,403	-1,6299; 3,9041	0,4186
Depressão e/ou ansiedade com um ano de cirurgia	0,8121	0,3915	0,04; 1,5841	0,0394
Depressão e/ou ansiedade pré-operatório	0,6246	0,2325	0,1661; 1,0831	0,0078
Idade	-0,0189	0,0084	-0,0355; -0,0022	0,0264
IMC no pré-operatório	0,0539	0,0214	0,0118; 0,0961	0,0124
%PEP com um ano de cirurgia	0,0121	0,0055	0,0011; 0,023	0,0306
Caso valor-p igual a 0, leia-se valor-p < 0,0001				

FONTE: A AUTORA (2017)

Para o ajuste da variável RP, foi necessário utilizar a transformação da variável na escala da raiz quadrada para obter normalidade dos resíduos. Dessa forma não é possível interpretar diretamente o efeito das covariáveis na variável RP, no entanto, é possível avaliar a direção dessa relação e considerando constante os valores das demais covariáveis têm-se a seguinte interpretação:

- a) pode-se afirmar que pacientes com depressão e/ou ansiedade no pré-operatório e com um ano de cirurgia, possuem maior valor médio de RP com 5 anos de cirurgia, do que aqueles que não apresentavam quadro de depressão e/ou ansiedade;

- b) estima-se que para cada ano de idade a menos do paciente, há aumento médio de RP 5 anos após a cirurgia;
- c) para cada unidade a mais de IMC no pré-operatório, há aumento médio de RP com 5 anos de cirurgia e para cada unidade de %PEP a mais do paciente, com um ano de cirurgia, está associado ao aumento médio de RP com 5 anos de pós-operatório.

Foi elaborada uma equação para a estimativa do valor médio do RP mas esta apresentou baixa taxa de acertos, apenas 63%, além de ser considerada pouco efetiva por ser calculada através de efeito de raiz quadrada, não sendo por isso apresentada e nem incluída nos artigos enviados para publicação. Pode-se observar neste estudo que não é possível fazer uma predição direta da possibilidade de RP considerando as variáveis do pré-operatório e pós-operatório, com um ano de cirurgia.

**APÊNDICE 4 - RESULTADOS DO AJUSTE DO MODELO DE REGRESSÃO
GENERALIZADO COM DISTRIBUIÇÃO *TWEEDIE* PARA ESTIMATIVA PARA
ESTIMATIVA DO IMC COM 5 ANOS DE CIRURGIA BARIÁTRICA**

Para o ajuste do modelo de regressão generalizado com distribuição tweedie, foram selecionadas as covariáveis do pré-operatório e com um ano de cirurgia, relacionadas com o IMC com 5 anos de cirurgia ($p < 0,2$), sendo estas, no pré-operatório: níveis sanguíneos de glicose, ácido fólico, colesterol total, HDL, LDL e insulina, história mórbida familiar de hipertensão e de diabetes, quadro de hipertensão e de ansiedade e/ou depressão, consumo de refrigerante, vegetais e frutas, peso, IMC, presença de atividade física e tempo de obesidade. No pós-operatório, com um ano de cirurgia: HDL, colesterol total, presença de hipertensão e/ou ansiedade, acompanhamento nutricional, peso, IMC, PEP e consumo de líquidos. Após, estas variáveis foram correlacionadas ($p < 0,05$) e os resultados do modelo são apresentados na TABELA 6.

TABELA 6 - RESUMO DOS RESULTADOS DO MODELO RELACIONANDO OS DADOS DO PRÉ-OPERATÓRIO E COM UM ANO DE CIRURGIA *VERSUS* IMC COM 5 ANOS.

	Estimativa	Erro padrão	IC (95%)	Valor-p
Intercepto	4,7537	1,8682	1,0439; 8,4824	0,0117
HDL pré	-1,0424	0,4593	-1,9617; -0,1675	0,0243
Depressão e/ou ansiedade pré	1,0227	0,3756	0,2996; 1,769	0,0071
Ácido fólico pré	-2,1036	0,9341	-4,0825; -0,3539	0,0254
IMC pré	0,1363	0,0435	0,0543; 0,2213	0,002
IMC 1 ano	0,7613	0,0572	0,6488; 0,8731	0

Caso valor-p igual a 0, leia-se valor-p $< 0,0001$

FONTE: A AUTORA (2017)

Conforme interpretação do modelo considerando constantes os valores das demais variáveis pode-se afirmar que pacientes com baixo nível de HDL no pré-operatório, possuem IMC com 5 anos de cirurgia, em média 1,0424 kg/m² maior do que aqueles com HDL desejável. Pacientes com depressão e/ou ansiedade no pré-operatório, possuem IMC com 5 anos de cirurgia, em média 1,0227 kg/m² maior do que aqueles sem o quadro.

Estima-se que os pacientes com baixo nível de ácido fólico no pré-operatório, possuem IMC com 5 anos de cirurgia, em média 2,1036 kg/m² maior do que aqueles com nível de ácido fólico normal.

Quanto ao IMC, para cada unidade a mais no pré-operatório, o IMC com 5 anos de cirurgia é, em média, 0,1363 kg/m² maior e, para cada unidade a mais de IMC com um ano de cirurgia, o IMC 5 anos após a cirurgia é, em média, 0,7613 kg/m² maior.

Na sequência, segue é apresentada a equação do modelo:

$$\text{IMC 5 anos} = 4,7537 - (1,0424 * \text{HDL pre}) + (1,0227 * \text{depr/ans pre}) - (2,1036 * \text{ac fol pre}) + (0,1353 * \text{IMC pre}) + (0,7613 * \text{IMC 1 ano})$$

Sendo:

- HDL pre: refere-se ao HDL no pré-operatório. Utiliza-se o valor 1 se o paciente tinha valor desejável no pré-operatório e 0, se o valor for baixo;
- Depr/ans pre: refere-se a presença de quadro de depressão e/ou ansiedade no pré-operatório, devendo ser utilizado o valor 1 na presença e 0, na ausência;
- Ac fol pre: refere-se aos níveis sanguíneos de ácido fólico no pré-operatório, sendo igual a 1 se o valor for normal e 0, se for baixo;
- IMC pre: refere-se ao IMC no pré-operatório, em kg/m², entre 33 e 68;
- IMC 1 ano: refere-se ao IMC com um ano de cirurgia, em kg/m², entre 19,5 e 49.

Após realizar o ajuste do modelo, os valores estimados para a variável IMC com 5 anos de cirurgia, foram categorizados. Tais valores foram comparados com a variável IMC 5 anos observada, com a mesma categorização. A tabela abaixo apresenta a taxa de acertos.

TABELA 7 - TAXA DE ACERTOS DA EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DO IMC COM 5 ANOS DE CIRURGIA, CONSIDERANDO OS DADOS DO PRÉ-OPERATÓRIO E COM UM ANO DE CIRURGIA

IMC com 5 anos de cirurgia observado categorizado			
IMC com 5 anos de cirurgia ajustado categorizado	Excelente	Bom	Falha na cirurgia
Excelente (IMC<30)	135	20	0
Bom (IMC entre 30 e 35)	8	27	7
Falha na cirurgia (IMC>35)	0	1	6

FONTE: A AUTORA (2017)

A partir da TABELA 7 verificou-se que 168 (82,35%) de 204 pacientes tiveram o mesmo diagnóstico no modelo ajustado em relação aos dados observados. Dos 13 indivíduos classificados como falha na cirurgia, 7 indivíduos foram categorizados errado pelo modelo, dos 48 indivíduos com bom IMC com 5 anos de cirurgia, 21 foram categorizados errado, e dos 143 que foram classificados como excelente, apenas 8 foram classificados errado.

Para avaliar as categorias concordantes e não concordantes, procedeu-se com o cálculo do coeficiente de concordância de Kendall. O mesmo teve um valor igual a 0,85 (IC 95%: 0,79 – 0,89), com valor $p < 0,00001$, indicando que o coeficiente de concordância é de fato maior que 0.

APÊNDICE 5 - ANÁLISE DO RP E IMC COM 5 ANOS DE CIRURGIA, CORRELACIONANDO COM A PRESENÇA DE COMORBIDADE E SATISFAÇÃO COM A CIRURGIA BARIÁTRICA

A TABELA 8 mostra as medidas descritivas da variável RP com 5 anos de cirurgia, segundo as covariáveis, além do valor-p do teste para diferença de médias.

TABELA 8 - MEDIDAS DESCRITIVAS DA VARIÁVEL RP VERSUS PRESENÇA DE COMORBIDADES E SATISFAÇÃO COM A CIRURGIA

Covariáveis	V-p	Níveis	Teste	Grupo 1			Grupo 2		
				M	Med	SD	M	Med	SD
Satisf cir	0,0011	n, s	MW	17,73	16,51	13,1	8,47	6,87	38,46
Comorbidades	0,0293	n, s	MW	8,34	6,73	7,56	12,59	10,13	46,93

FONTE: A AUTORA (2018)

NOTA: Teste de Mann-Whitney aplicado quando as exigências do teste t de student não foram atendidas.

Kruskal Wallis aplicado quando as exigências da ANOVA não foram atendidas.

N = não. S = sim. Satisf cir = satisfação com a cirurgia. Comorbidades = presença de comorbidades. V-p = valor-p. MW = Mann Whitney.

M = média. Med = mediana. SD = desvio padrão.

Observou-se que os pacientes satisfeitos com a cirurgia tiveram mediana de %RP igual a 6,87, enquanto que os pacientes insatisfeitos com a cirurgia tiveram mediana de %RP igual a 16,51 ($p < 0,05$) a partir do teste de Mann Whitney.

Os pacientes com comorbidades com 5 anos de cirurgia, tiveram mediana de %RP igual a 10,13, enquanto que os pacientes sem comorbidades aos 5 anos tiveram mediana de %RP igual a 6,73 ($p < 0,05$), a partir do teste de Mann Whitney.

Conclui-se que pacientes insatisfeitos com a cirurgia e com comorbidades tiveram maior %RP 5 anos após a cirurgia.

A TABELA 9 mostra as medidas descritivas da variável IMC com 5 anos de cirurgia, segundo as covariáveis, além do valor-p do teste para diferença de médias.

TABELA 9 - MEDIDAS DESCRITIVAS DA VARIÁVEL IMC 5 ANOS VERSUS PRESENÇA DE COMORBIDADES E SATISFAÇÃO COM A CIRURGIA.

Covariáveis	V-p	Níveis	Teste	Grupo 1			Grupo 2		
				M	Med	SD	M	Med	SD
Comorb 5 anos	0,0003	n, s	MW	27,49	26,86	3,88	30,09	30,09	4,64
Satisf cir	0,0022	n, s	MW	30,84	30,62	4,24	27,83	27,05	4,12

FONTE: A AUTORA (2018)

NOTA: Teste de Mann-Whitney aplicado quando as exigências do teste t de student não foram atendidas.

Kruskal Wallis aplicado quando as exigências da ANOVA não foram atendidas.

N = não. S = sim. Satisf cir = satisfação com a cirurgia. Comorb 5 anos = presença de comorbidades, com 5 anos de cirurgia. V-p = valor-p. MW = Mann Whitney.

M = média. Med = mediana. SD = desvio padrão.

Observou-se que pacientes com comorbidades aos 5 anos de cirurgia, tiveram mediana de IMC igual a 30,09 kg/m², enquanto que os pacientes sem comorbidades aos 5 anos tiveram mediana de RP igual a 26,86 kg/m² ($p < 0,05$), a partir do teste de Mann Whitney.

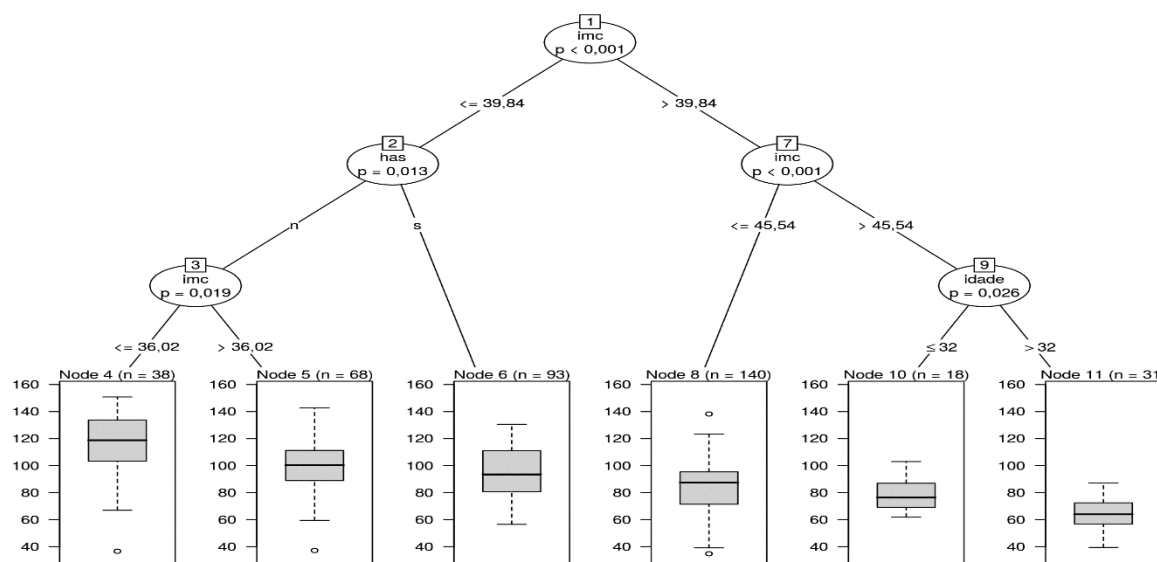
Os pacientes satisfeitos com a cirurgia tiveram mediana de IMC igual a 27,05 kg/m², enquanto que os pacientes não satisfeitos com a cirurgia tiveram mediana de IMC igual a 30,62 kg/m², com 5 anos de cirurgia ($p < 0,05$) a partir do teste de Mann Whitney.

Ou seja, pacientes insatisfeitos com a cirurgia e com comorbidades tiveram IMC maior que 30 após 5 anos de cirurgia e maior presença de comorbidades.

APÊNDICE 6 - UTILIZAÇÃO DE *DATA MINING* NA DEFINIÇÃO DE FATORES PREDITIVOS PARA O %PEP COM UM ANO DE CIRURGIA

A FIGURA 1 apresenta a árvore de regressão ajustada para os dados de %PEP, conforme indicado na metodologia do trabalho, considerando todos os dados do pré-operatório. Nesta primeira análise, a variável IMC foi incorporada na escala original, sem qualquer categorização ou transformação. A árvore é composta por cinco partições (divisões da amostra e das sub-amostras geradas). Consequentemente, temos seis grupos (nós) finais, cada um deles composto pelo conjunto de pacientes determinado pelo conjunto de regras (baseadas nas covariáveis) que compõem a árvore.

FIGURA 1 - ÁRVORE DE REGRESSÃO PARA O PERCENTUAL DE PERDA DE EXCESSO DE PESO COM UM ANO DE CIRURGIA



FONTE: A AUTORA (2018)

Primeiramente, é de se destacar que o IMC pré-operatório é responsável por três partições, sendo uma delas a primeira partição realizada. Isso evidencia a forte relação entre o IMC e o %PEP. Além do IMC pré-operatório, outras duas variáveis explicativas proporcionaram partições, indicando associação estatisticamente significativa com a variável resposta. São elas: *has* (hipertensão arterial sistêmica) e a idade do paciente, no pré-operatório. Na sequência é apresentada a caracterização dos seis nós finais de acordo com as três variáveis presentes na árvore de regressão:

a) **Nó 4:** Pacientes sem hipertensão e IMC menor ou igual a 36,02;

- b) **Nó 5:** Pacientes sem hipertensão e imc entre 36,03 e 39,84;
- c) **Nó 6:** Pacientes com hipertensão e IMC menor que 39,84;
- d) **Nó 8:** Pacientes com IMC maior que 39,84 e menor ou igual a 45,54;
- e) **Nó 10:** Pacientes com IMC maior que 45,54 e 32 anos ou menos de idade;
- f) **Nó 11:** Pacientes com IMC maior que 45,54 e mais de 32 anos de idade.

Os *boxplots* sob a árvore representam a distribuição dos valores %PEP para cada nó final constituído. Além disso, é possível observar o número de pacientes que compõe cada nó final. Para melhor avaliação da árvore obtida, as TABELAS 10 e 11 apresentam algumas descritivas dos nós (grupos) que compõem a árvore.

TABELA 10 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO PARA CADA NÓ DA ÁRVORE DE REGRESSÃO PARA O %PEP

Nó	Número de pacientes	Média do %PEP	Desvio Padrão
1	388	91	22
2	199	101	21
3	106	106	22
4	38	116	23
5	68	100	19
6	93	95	19
7	189	81	18
8	140	85	18
9	49	70	15
10	18	79	13
11	31	64	13

FONTE: A AUTORA (2018)

TABELA 11 - RESUMO DOS NÓS FINAIS DA ÁRVORE DE REGRESSÃO PARA O %PEP

Nó	Média	DP	Mínimo	5%	25%	50%	75%	95%	Máximo
4	116	23	37	80	104	119	132	146	151
5	100	19	37	70	89	100	111	135	143
6	95	19	56	66	81	94	111	122	131
8	85	18	35	61	72	88	95	114	138
10	79	13	62	63	69	76	86	100	103
11	64	13	39	45	57	64	73	85	87

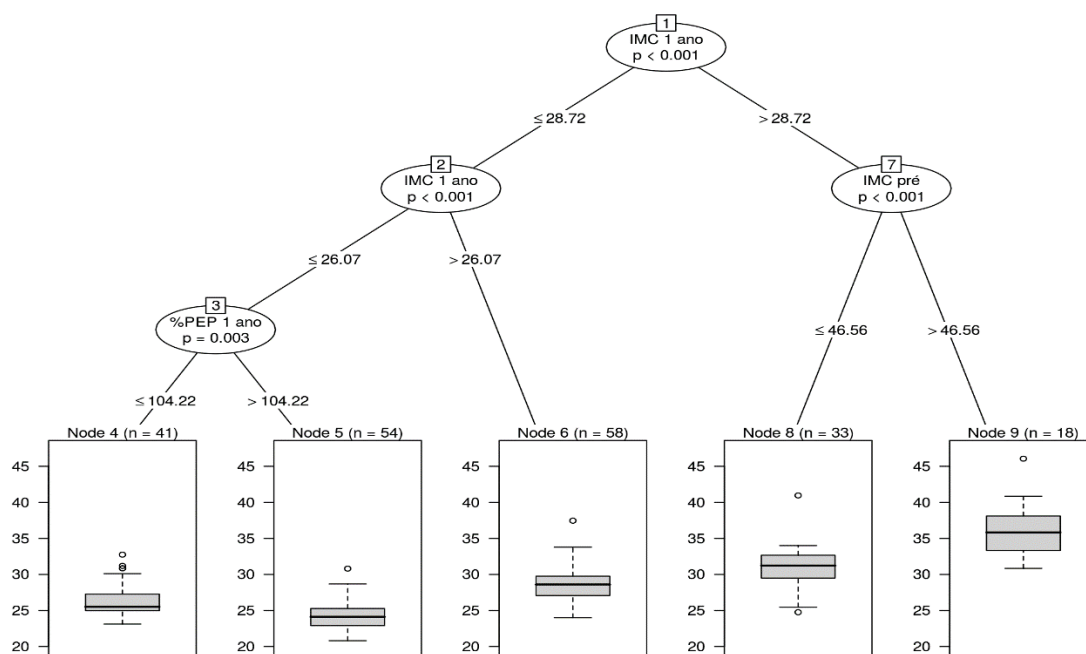
FONTE: A AUTORA (2018)

NOTA: Média = média do %PEP com um ano de cirurgia bariátrica. DP = desvio-padrão do %PEP com um ano de cirurgia bariátrica. Mínimo = menor %PEP com um ano de cirurgia. Máximo = maior %PEP com um ano de cirurgia.

APÊNDICE 7 – UTILIZAÇÃO DE *DATA MINING* NA DEFINIÇÃO DOS FATORES PREDITIVOS PARA O IMC COM 5 ANOS DE CIRURGIA BARIÁTRICA

A FIGURA 2 apresenta os fatores preditivos ($p < 0,05$), considerando todos os dados do pré-operatório e com um ano de cirurgia ($n=204$), na definição do IMC com 5 anos de cirurgia.

FIGURA 2 - ÁRVORE DE REGRESSÃO PARA O IMC COM 5 ANOS DE CIRURGIA BARIÁTRICA



FONTE: A AUTORA (2018)

Nota-se que o IMC com 5 anos de cirurgia está fortemente associado ao IMC pré-operatório e com 1 ano de cirurgia e com o %PEP com um ano de pós-operatório. Os boxplots sob a árvore representam a distribuição dos valores de %PEP para cada nó final constituído. É possível observar o número de pacientes que compõe cada nó final. Para melhor avaliação da árvore obtida, as TABELAS 12 e 13 apresentam algumas descritivas dos nós que compõem a árvore.

TABELA 12 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO PARA CADA NÓ DA ÁRVORE DE REGRESSÃO PARA O IMC COM 5 ANOS DE PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA BARIÁTRICA

Nó	Número de pacientes	Média	Desvio Padrão
1	204	28	4
2	153	27	3
3	95	25	2
4	41	26	2
5	54	24	2
6	58	29	2
7	51	33	4
8	33	31	3
9	18	36	4

FONTE: A AUTORA (2018)

TABELA 13 - RESUMO DOS NÓS FINAIS DA ÁRVORE DE REGRESSÃO PARA O IMC COM 5 ANOS DE PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA BARIÁTRICA

Nó	Média	Desvio Padrão	Mínimo	5%	25%	50%	75%	95%	Máximo
4	26	2	23	23	25	26	27	31	33
5	24	2	21	22	23	24	25	27	31
6	29	2	24	26	27	29	30	33	37
8	31	3	25	26	30	31	33	34	41
9	36	4	31	32	34	36	38	42	46

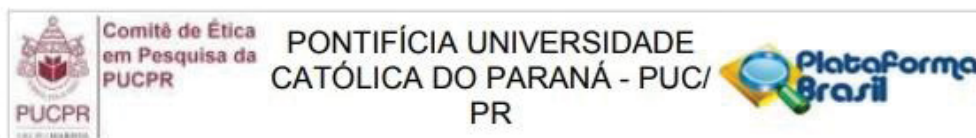
FONTE: A AUTORA (2018)

NOTA: Média = média do IMC com 5 anos de pós-operatório. DP = desvio-padrão do IMC com 5 anos de cirurgia bariátrica. Mínimo = menor IMC com 5 anos de cirurgia bariátrica. Máximo = maior IMC com 5 anos de cirurgia bariátrica.

O grupo com menor IMC com 5 anos de cirurgia é composto pelos pacientes com IMC a um ano menor ou igual a 26,07 kg/m² e %PEP>104,2. Em geral, nota-se que o IMC com 5 anos é menor para os pacientes com menor IMC no pré-operatório e com um ano de cirurgia. Adicionalmente, o %PEP aparece associado ao IMC com 5 anos de pós-operatório.

ANEXO 1 – TERMO DE APROVAÇÃO DO CEP- PUCPR

Segue adiante o termo de aprovação do CEP-PUCPR na sua versão 4, devido realização de emendas para inclusão de mais pesquisadores, visto que associado a esta tese, foram realizados 2 PIBIC na PUCPR e uma dissertação de mestrado na UFPR.



COMPROVANTE DE ENVIO DO PROJETO

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: CONCEPÇÃO DE UM MODELO PREDITIVO DE ÍNDICE PROGNÓSTICO NUTRICIONAL PARA CIRURGIA BARIÁTRICA MEDIANTE UTILIZAÇÃO DE MINERAÇÃO DE DADOS (DATAMINING)

Pesquisador: Magda Rosa Ramos da cruz

Versão: 4

CAAE: 13491913.8.0000.0020

Instituição Proponente: ASSOCIACAO PARANAENSE DE CULTURA - APC

DADOS DO COMPROVANTE

Número do Comprovante: 087921/2017

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

Informamos que o projeto CONCEPÇÃO DE UM MODELO PREDITIVO DE ÍNDICE PROGNÓSTICO NUTRICIONAL PARA CIRURGIA BARIÁTRICA MEDIANTE UTILIZAÇÃO DE MINERAÇÃO DE DADOS (DATAMINING) que tem como pesquisador responsável Magda Rosa Ramos da cruz, foi recebido para análise ética no CEP Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUC/ PR em 07/08/2017 às 13:50.

Endereço: Rua Imaculada Conceição 1155
Bairro: Prado Velho **CEP:** 80.215-901
UF: PR **Município:** CURITIBA
Telefone: (41)3271-2103 **Fax:** (41)3271-2103 **E-mail:** nep@pucpr.br